

06
ИБВВ

ISSN 0320—9652
РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

99

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД им. И. Д. ПАПАНИНА
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 99



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
«НАУКА»
1996

ББК 28.082

Б 59

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters
Scientific Council for problems of hydrobiology,
ichthyology and utilization of biological
resources of waterbodies

BIOLOGY OF INLAND WATERS
INFORMATION BULLETIN

N 99

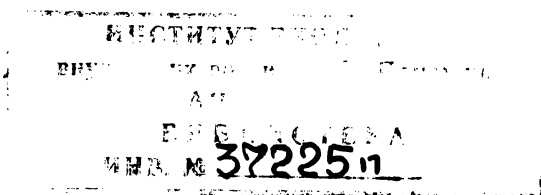
УДК 574.5 (28)

Бюллетень содержит короткие оригинальные сообщения по микробиологии, альгологии, таксономии и экологии беспозвоночных, физиологии рыб и гидрохимии внутренних водоемов. Ряд статей посвящен проблемам биоиндикации загрязнений. Рассматриваются новые методические приемы гидробиологических исследований.

Выпуск рассчитан на широкий круг специалистов, изучающих пресноводные водоемы.

Ответственный редактор Т. И. ДОБРЫНИНА

Рецензенты: В. Е. МАТЕЙ, А. В. МОНАКОВ



Б 1903040100-506
042 (02)-96 Заказное

© Кол. авторов, 1996
© Российская академия наук и издательство
„Наука”, серия „Биология внутренних
вод: Информ. бюл.” (разработка, составление,
оформление), 1967 (год основания), 1996

О. А. Ляшенко

ФИТОПЛАНКТОН И СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА „а” В ШОШИНСКОМ ПЛЕСЕ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

The Shosha reach is characterised as an eutrophic waterbody by average values of phytoplankton biomass and chlorophyll „a” concentration. Their peak values are registered in summer period. Diatom algae dominate in spring and autumn, blue-greens are abundant in summer.

Шошинский плес Иваньковского водохранилища представляет собой обособленный мелководный, сильно заросший высшей водной растительностью водоем с малой проточностью. Его длина 36 км, средняя ширина 4 км, площадь при НПУ 112 км², что составляет 34 % от общей площади водохранилища, средняя глубина 1.7 м.

Флористический состав и структуру фитопланктона Шошинского плеса изучали в момент образования водохранилища в 1937 г. [15], в 1953–1955 гг. [2, 4, 9] и 1970–1979 гг. [3, 7–11]. Содержание хлорофилла „а” определяли в 1958 г. [16], 1970 г. [6], 1973–1974 гг. [17, 18].

Параллельно с определением хлорофилла „а” изучали на русловой станции структуру и сезонные изменения фитопланктона у с. Безбородово Шошинского плеса в 1985, 1986 и 1988 гг. В 1985 г. пигменты определяла Метелева [12]. Пробы отбирали батометром Францева–Руттнера с мая по октябрь 5 раз в 1985 г. и по 6 раз в 1986 и 1988 гг. с горизонта 0–2 м, в 1985 г. – интегрально от поверхности до дна, а в 1986 и 1988 гг. – от 2 м до дна. Концентрирование проб для количественного учета фитопланктона и определения содержания хлорофилла „а”, а также их последующую обработку проводили по методике [13, 17]. Концентрацию хлорофилла „а” рассчитывали по формулам Джефри и Хамфри [22]. Средние за период наблюдений показатели вычисляли как средневзвешенные. Разнообразие фитопланктонных сообществ оценивали по индексу Шеннона [23].

В количественных пробах было обнаружено 245 видовых и внутри-видовых таксонов водорослей, из них 120 принадлежали к отделу *Chlorophyta*, 45 – *Bacillariophyta*, 32 – *Cyanophyta*, 21 – *Euglenophyta*, 10 – *Chrysophyta*, 8 – *Xanthophyta*, 5 – *Cryptophyta*, 4 – *Dinophyta*, при этом не наблюдалось существенных различий с видовым составом водорослей, выявленным в 1967–1972 гг. [10].

За время исследований биомасса планктонных водорослей изменялась от 0.32 до 20.11 мг/л. Структура и количественные показатели фитопланктона значительно варьировали по сезонам (рис. 1).

Основным ценозообразующим элементом весеннего фитопланктона были центрические диатомеи. В мае 1985 г. преобладала *Aulacosira atbigua* (Grun.) Sim. с численностью $13 \cdot 10^6$ кл./л и биомассой 5.6 мг/л

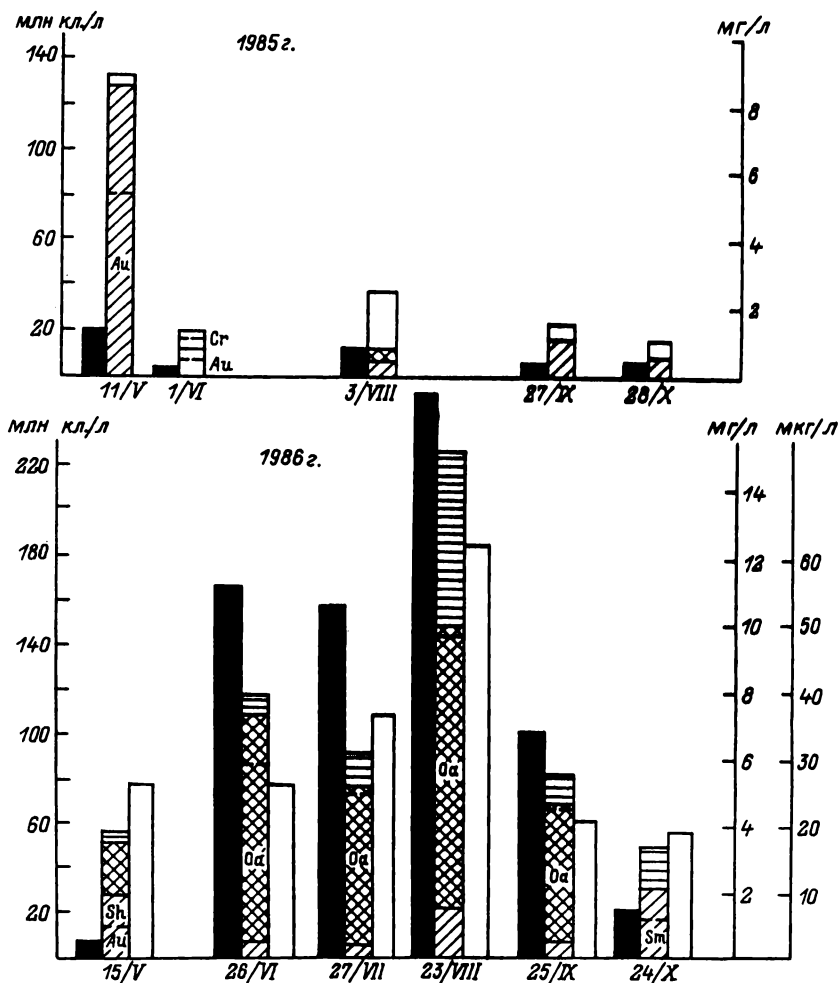


Рис. 1. Сезонные изменения численности и биомассы фитопланктона.

Au – *Aulacosira ambigua*, Aug – *Aulacosira granulata*, Sh – *Stephanodiscus hantzschii*, Sm – *S. minutulus*, Cr – *Cryptomonas* sp., Oa – *Oscillatoria agardhii*; 1 – численность, 2 – биомасса диатомовых, 3 – биомасса синезеленых, 4 – биомасса прочих, 5 – хлорофилл „а“. По оси ординат: слева направо – численность, млн кл./л; биомасса, мг/л; концентрация хлорофилла „а“, мкг/л.

(60 % от общей) (здесь и далее для всех 3 лет наблюдений приводятся данные для столба воды от поверхности до дна). Этот вид вместе со *Stephanodiscus hantzschii* Grun. доминировал и в мае последующего года (соответственно 24 и 21 % от биомассы). В начале мая 1986 г. около 80 % массы планктонных водорослей приходилось на долю *Stephanodiscus minutulus* (Kütz.) Cleve et Möller и *S. hantzschii*. В весеннем сообществе диатомей постоянно присутствовали также *Diatoma elongatum*

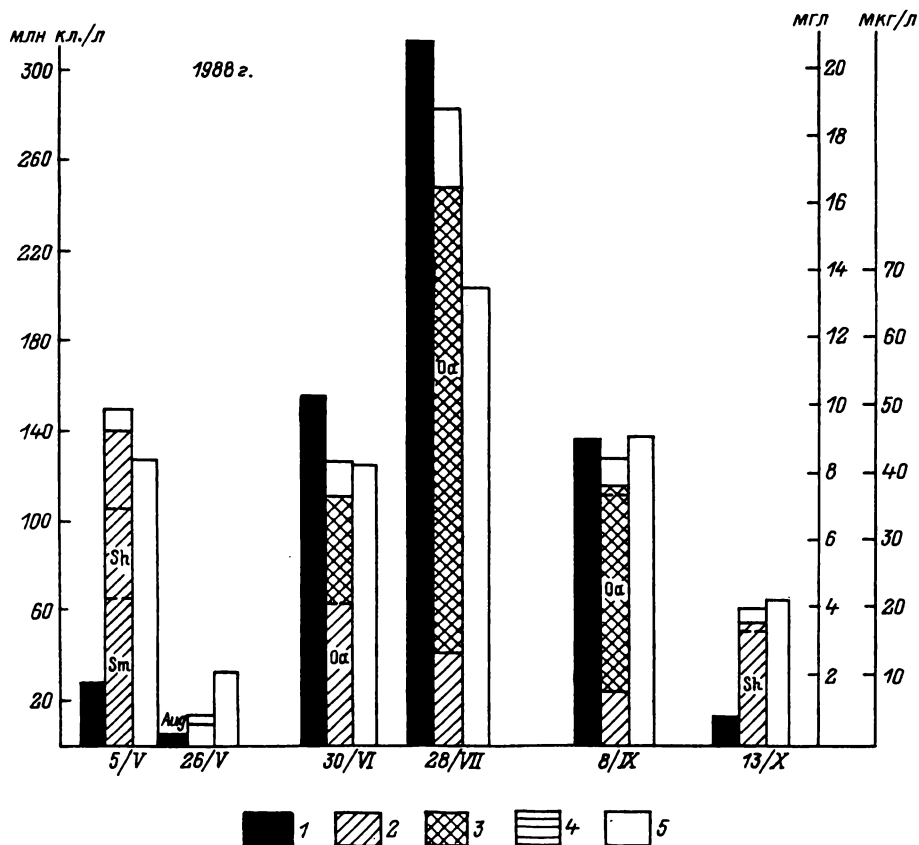


Рис. 1 (продолжение).

(Lyngb.) Ag., *Asterionella formosa* Hass., *Synedra acus* Kütz. и *Nitzschia acicularis* W. Sm.

В конце мая—начале июня 1985 и 1988 гг. отмечалось более чем десятикратное уменьшение количества водорослей (рис. 1). В целом фитопланктонные сообщества этого периода отличались по сравнению с весенними большей степенью полидоминантности (индекс Шеннона увеличивался с 2.5 до 3–4 бит/ед. числ.). Однако и в этот период доминировали диатомеи, составлявшие более половины общей биомассы. Среди них преобладали *Aulacosira ambigua* и *A. granulata* (Ehr.) Sim. (рис. 1). В 1985 г. заметной была также доля криптомонад: водоросли рода *Cryptomonas* составили 18 % от общей биомассы. Из зеленых наиболее часто встречались представители родов *Scenedesmus*, *Coelastrum*, *Monoraphidium*, *Didymocystis*.

Максимальные количества планктонных водорослей (до $3211 \cdot 10^6$ кл./л и 19 мг/л) отмечались во второй половине лета 1986 и 1988 гг. Разнообразие фитопланктонных сообществ в этот период было наименьшим — до 0.6 бит/ед. числ. Синезеленые составляли

более 90 % от численности и 70 % от биомассы водорослей и представляли монодоминантное сообщество с преобладанием *Oscillatoria agardhii* Gom. (рис. 1). Численность этого вида достигала $288 \cdot 10^6$ кл./л, биомасса — 14.5 мг/л. Одновременно отмечались *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Anabaena scheremetievi* Elenk., *A. lemmermannii* P. Richt., *A. flos-aquae* (Lyngb.) Breb., однако их количественное представительство в планктоне было незначительным.

В августе 1985 г. численность синезеленых была невелика (рис. 1), биомасса самого многочисленного вида *Aphanizomenon flos-aquae* не превышала 0.3 мг/л.

При весьма невысоких для лета количественных показателях развития фитопланктона в 1985 г. (рис. 1) около половины его общей биомассы приходилось на долю зеленых, представленных полидоминантным сообществом с преобладанием водорослей родов *Scenedesmus*, *Oocystis* и *Pediastrum*. Аналогичным был видовой состав летнего сообщества зеленых и в 1986–1988 гг., однако они составляли не более 13 % от биомассы планктонных водорослей.

Летний комплекс диатомовых, как и весенний, слагался преимущественно центрическими видами: *Aulacosira granulata*, *A. ambigua*, *Stephanodiscus hantzschii*, *S. minutulus*. Их биомасса варьировала от 0.5 мг/л в августе 1985 г. до 2.6 мг/л в июле 1988 г.

В сентябре 1985 г. фитопланктон в основном был представлен диатомеями, более половины биомассы которых составляла *Aulacosira ambigua* (рис. 1). В начале осени 1986–1988 гг. в плесе продолжалась интенсивная вегетация синезеленых, в основном *Oscillatoria agardhii*, однако общее количество водорослей по сравнению с летом заметно уменьшалось (рис. 1). К окончанию безледного периода (конец октября) диатомеи вновь были основными ценозообразователями фитопланктона (рис. 1). В 1985 г. они сформировали полидоминантный комплекс с преобладанием *Aulacosira ambigua*, *A. granulata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *S. minutulus*, в 1986 и 1988 гг. преобладали соответственно *Stephanodiscus minutulus* и *S. hantzschii* (рис. 1).

Численность и биомасса планктонных водорослей, а также их средние показатели в поверхностном горизонте 0–2 м и в слое 2 м — дно (в 1985 г. — от поверхности до дна) достоверно не различались в течение всего периода наблюдений. Средние значения индекса Шеннона в эти годы существенно изменялись (табл. 1). В 1985 г. они отражали высокий уровень полидоминантности фитопланктонных сообществ в течение всего периода наблюдений, в 1986–1988 гг. — монодоминантность летне-осенних ценозов с преобладанием *Oscillatoria agardhii*. Изменения концентрации хлорофилла „а” в 1986 и 1988 гг. в целом соответствовали сезонной динамике количественных показателей фитопланктона (рис. 1, 2). Содержание пигмента за время наблюдений варьировало от 9.1 до 67.5 мкг/л (здесь и далее приводятся концентрации, рассчитанные как средневзвешенные для всего столба воды). В поверхностном горизонте 0–2 м и горизонте от 2 м до дна этот показатель как в сезонном аспекте, так и в целом за период наблюдений

Таблица 1

Средние показатели развития фитопланктона Шопинского плеса

Время отбора проб	Горизонт, м	Диатомовые	Сине-зеленые	Весь состав	N	Хлорофилл „а“, мкг/л
1985	0-2	1.7	2.3	7.1	3.6	—
		1.03	0.14	1.92	3.8	
14/V-28/X	0-дно	2.6	2.3	7.9	3.7	—
		1.29	0.14	2.24	3.7	
1986	0-2	2.8	138.6	146.5	1.5	3625 ± 1.2 ?
		1.64	4.43	6.89	2.1	
15/V-24/X	2-дно	2.6	128.2	136.8	1.8	31.4 ± 0.91
		0.89	5.22	7.11	2.2	
15/V-24/X	0-дно	2.7	128.1	139.1	1.6	0.18 ± 0.01 ?
		1.14	4.87	6.94	2.1	
1988	0-2	3.4	126.4	134.7	1.9	42.56 ± 0.71
		2.04	5.67	9.12	2.2	
5/V-13/X	2-дно	3.5	126.3	134.6	1.9	39.66 ± 0.71
		1.96	6.01	8.32	2.2	
5/V-13/X	0-дно	3.8	126.5	136.9	1.9	40.48 ± 0.76
		2.0	5.98	8.97	2.2	

Примечание. Над чертой — численность, 10^6 кл./л; индекс Шеннона (N), бит/ед. числ.; под чертой — биомасса, мг/л; N, бит/ед. биом.

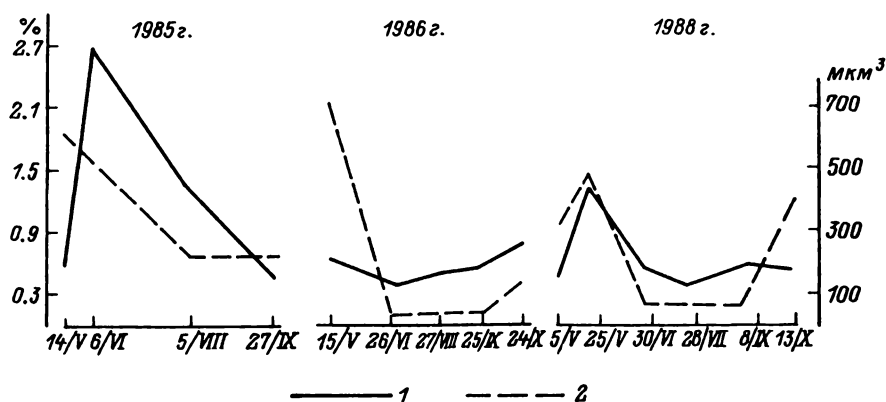


Рис. 2. Сезонные изменения содержания хлорофилла „а“ в единице биомассы (1, %) и среднего объема клетки (2, μm^3).

Таблица 2

Биомасса фитопланктона и содержание хлорофилла „а”
в Шопинском плесе в разные годы

Год	Биомасса, мг/л	Литературный источник	Хлорофилл „а”, мкг/л	Литературный источник
1955	3.32	[2]	—	—
1956	9.80	[2]	—	—
1958	5.70	[9]	12.20	[16]*
1970	5.42	[9]	23.00	[6]
1972	11.70	[9]	—	—
1973	19.84	[7]	53.50	[17]
1974	23.84	[3]	47.80	[17]
1975	44.65	[3]	—	—
1976	11.80	[3]	—	—
1977	12.07	[3]	—	—
1978	18.13	[3]	29.20	[18]
1979	143.19	[3]	—	—
1985	1.92	Наши данные	22.80	[12]
1986	6.94	Тот же	33.20	Наши данные
1988	8.97	”	40.48	Тот же

* Данные по суммарному хлорофиллу.

существенно не менялся (табл. 1). В течение трех лет наблюдений между биомассой фитопланктона и концентрацией хлорофилла „а” существовала тесная зависимость (коэффициент корреляции $R = 0.91$ при $n = 27$), которая выражалась уравнением $Y = 10.7 + 3.34 X$. Несмотря на большую величину свободного члена и значительный коэффициент наклона линий регрессии, оно находится в пределах, приводимых в литературе [21].

Содержание хлорофилла „а” в единице биомассы фитопланктона измерялось от 0.3 до 2.6 % сырой массы. Наибольшее удельное содержание отмечалось при смешанном составе фитопланктона и при преобладании зеленых водорослей, богатых хлорофиллом „а” [5], наименьший процент хлорофилла был в пробах с максимальной биомассой и доминированием синезеленых (рис. 1, 2). В среднем на долю хлорофилла „а” приходилось 0.58 % от сырой биомассы водорослей.

Средние объемы клеток фитопланктонного сообщества изменялись от 14 до 721 мкм³ (рис. 2). Самые крупные клетки наблюдались у весеннего диатомового планктона, в пробах с преобладанием синезеленых средние объемы клеток были минимальны. Исследователями [1, 24] выявлена обратная зависимость с высоким коэффициентом корреляции между содержанием хлорофилла „а” (%) и средним объемом клетки в сообществе. По нашим данным, между этими параметрами существовала связь с положительным корреляционным коэффициентом $R = 0.36$ ($n = 27$), достоверным при уровне значимости 0.05.

Сильная отрицательная корреляция $R = -0.84$ ($n = 27$) отмечена

нами между биомассой фитопланктона (v) и удельным содержанием хлорофилла „а” $\left(\frac{a}{v}\right)$, их зависимость имеет степенной характер и выражается уравнением $\log \frac{a}{v} = 2.45 - 0.43 \log v$.

Средние за период наблюдений показатели биомассы фитопланктона и концентрации хлорофилла „а” характеризуют Шошинский плес как эвтрофный водоем [19] и близки к отмечавшимся до начала 70-х годов (табл. 2). Крайне низкие значения численности и биомассы фитопланктона в 1985 г. вряд ли можно считать типичными для этого водоема. Вероятно, в этом году сложился комплекс неблагоприятных климатических и гидрохимических факторов, препятствовавших формированию летнего максимума за счет вегетации синезеленых. Так, этот год характеризовался поздней затяжной весной и невысокими температурами в первой половине лета, напротив, 1986 и 1988 гг. отличались повышенной температурой и безветрием весной и в начале лета.

Результаты наблюдений 1974–1979 гг. показали значительное увеличение биомассы фитопланктона [3]. В то же время средняя концентрация хлорофилла „а” в 1978 г. не превышала величин, полученных нами и предыдущими авторами (табл. 2), по данным проводившихся в те же годы химических исследований биогенная нагрузка на плес также не увеличилась [14].

Данные исследований свидетельствуют об отсутствии тенденции к увеличению массы планктонных водорослей. Однако существуют значительные сукцессионные изменения в структуре доминирующего комплекса синезеленых. Так, в 1986–1988 гг. летний максимум обуславливался преимущественно вегетацией *Oscillatoria agardhii*, в то время как в 70-е годы летними доминантами были представители родов *Microcystis*, *Anabaena* и *Aphanizomenon*. Появление в качестве доминантов водорослей рода *Oscillatoria* обычно связывают с углублением процессов эвтрофирования [20]. В частности, это может свидетельствовать об изменении азотного баланса, так как вместо азотфиксаторов начинают преобладать виды синезеленых, не фиксирующие азот. Однако отсутствие параллельных данных по гидрохимии не позволяет сделать более определенные выводы. В то же время состав доминирующего весной и осенью комплекса диатомовых с начала 50-х годов не претерпел существенных изменений.

Таким образом, в настоящее время Шошинский плес представляет собой эвтрофный водоем с доминированием в весенний и осенний периоды диатомовых, а летом – преимущественно синезеленых водорослей. Максимальные биомассы фитопланктона и концентрации хлорофилла „а” отмечаются летом.

Литература

1. Авиная Е. В. О соотношении концентраций хлорофилла „а” и биомассы фитопланктона // Тр. ГосНИОРХ. Л., 1988. Вып. 283.

2. Буторина Л. Г. Фитопланктон Иваньковского водохранилища в 1954—1956 гг. // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. М.; Л., 1961. Вып. 4 (7).
3. Гурова Л. А., Тарасенко Л. В., Кудинов М. Ю. Многолетние изменения планктонных и донных сообществ Иваньковского водохранилища // Тр. ГосНИОРХ. Л., 1983. Вып. 202.
4. Гусева К. А. Фитопланктон Рыбинского водохранилища (сезонная динамика и распределение основных групп) // Тр. биол. ст. „Борок”. М.; Л., 1956. Вып. 2.
5. Елизарова В. А. Содержание фотосинтетических пигментов в фитопланктоне водоемов разного типа: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1975.
6. Елизарова В. А. Содержание пигментов фитопланктона в Иваньковском водохранилище по наблюдениям 1970 г. // Биология, морфология и систематика водных организмов. Л., 1976.
7. Елизарова В. А. Состав и биомасса фитопланктона Иваньковского водохранилища // Флора и растительность водоемов бассейна Верхней Волги. Рыбинск, 1979.
8. Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л., 1978.
9. Кузьмин Г. В. Биомасса и структура планктонных фитоценозов Иваньковского водохранилища // Биология и систематика низших организмов. Л., 1978.
10. Кузьмин Г. В., Десяткин В. Г. Видовой состав фитопланктона Иваньковского водохранилища // Биология и систематика низших организмов. Л., 1978.
11. Лаврентьева Г. М. Фитопланктон водохранилищ волжского каскада // Изв. ГосНИОРХ. Л., 1977. Т. 114.
12. Метелева Н. Ю. Содержание хлорофилла „а” в фитопланктоне Иваньковского водохранилища // Биология внутренних вод: Информ. бюл. СПб., 1994. № 97.
13. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975.
14. Мосияш С. А., Саппо Л. М. Об эвтрофикации Иваньковского водохранилища // Тр. ГосНИОРХ. Л., 1983. Вып. 202.
15. Неизвестнова-Жадина Е. С. Планктон Иваньковского водохранилища в 1937—1938 гг. // Тр. ЗИН АН СССР. 1941. Т. 7, вып. 1.
16. Пырина И. Л. Первичная продукция фитопланктона в Иваньковском, Рыбинском и Куйбышевском водохранилищах в зависимости от некоторых факторов // Продуктирование и круговорот органического вещества во внутренних водоемах. Л., 1966.
17. Пырина И. Л., Сигарева Л. Е. Содержание пигментов фитопланктона Иваньковского водохранилища в 1973—1974 гг. // Биология низших организмов. Рыбинск, 1978.
18. Сигарева Л. Е. Содержание и фотосинтетическая активность хлорофилла фитопланктона Верхней Волги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1984.
19. Трифонова И. С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л., 1979.
20. Трифонова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л., 1990.
21. Трифонова И. С., Десортова Е. Хлорофилл как мера биомассы фитопланктона в водоемах разного типа // Гидробиологические процессы в водоемах. Л., 1983.
22. Jeffrey S. W., Humphrey G. P. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c and C₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochem. and Physiol. Pflanz. 1975. Vol. 167, N 2.
23. Magurran A. E. Ecological diversity and its measurement. L., 1988.
24. Voros L., Padisak J. Phytoplankton biomass and chlorophyll „a” in some shallow lakes in central Europe // Hydrobiologia. 1991. Vol. 215, N 2.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина

Т. Ф. Микрякова

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МАКРОФИТАХ МОЛОЖСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Higher aquatic vegetation of the Mologa part of the Rybinsk reservoir has a low content of heavy metals. It testifies to a low pollution of the investigated part of the reservoir.

Основным барьером на пути поступающих в водоем загрязнений являются макрофиты, которые широко распространены на мелководных плесах водохранилищ. Водные растения накапливают растворенные в воде вещества и часто используются как биоиндикаторы загрязнения [3, 5].

В данном сообщении излагаются материалы по содержанию тяжелых металлов в различных макрофитах Моложского плеса Рыбинского водохранилища. В пределах указанного плеса выделены Моложский русловой участок и собственно Моложский плес, представляющий чередование сужений и расширений. По данным Кузьмичева и Ляшенко [1], водная растительность изобилует здесь в многочисленных заливах и мелководных проливах. Для сравнительного анализа отбирали одни и те же виды растений в разных точках Моложского плеса, а также в устьевых участках впадающих в него рек. Анализ растительного материала осуществляли на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА S-3 [4].

Наблюдения были начаты в 1986 г. и в первых трех точках проводились в течение 2, в остальных – 3 лет. Пробы ежегодно анализировали не менее чем в 3 повторностях. Разброс величин был незначительным, поэтому представлены усредненные данные (см. таблицу).

Результаты анализа свидетельствуют, что содержание меди на разных участках и в разных видах растений практически не различалось. Аналогичная картина наблюдалась для никеля и свинца, т. е. распределение этих элементов по всему плесу одинаково и содержание их невелико. Количество кобальта и хрома несколько ниже. Для кадмия характерны значения в пределах 1 мкг/г, лишь в ряде случаев содержание этого элемента чуть выше. В загрязненных водах, как это наблюдалось нами в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища [2], количество цинка в водных растениях может колебаться в широких пределах. Так, например, в рдесте гребенчатом – от 40.8 до 250.5 мкг/г, в горце земноводном – от 21.2 до 144.3 мкг/г и т. д. [2]. В Моложском же плесе такой картины не наблюдалось. Распределение

**Содержание некоторых химических элементов в макрофитах,
мкг/г сухой массы**

Растение	Место сбора	Cu	Zn	Ni	Pb	Co	Cd	Cr
Рдест гребенчатый	1	5.3	40.8	2.4	3.9	1.9	1.1	0.6
	2	4.0	20.8	2.8	5.0	3.2	1.0	0.1
	3	3.3	27.8	3.9	3.4	3.3	0.4	—
	4	3.6	32.3	3.8	4.7	1.5	0.6	6.2
	5	—	—	—	—	—	—	—
Рдест злаковый	1	5.1	54.8	3.5	6.7	3.0	1.6	0.5
	2	3.8	22.0	11.4	4.6	3.5	0.5	—
	3	3.5	34.2	3.8	3.8	3.3	0.6	1.6
	4	4.8	20.5	8.4	4.9	3.1	0.7	1.8
	5	3.6	21.8	3.7	3.7	2.8	0.3	2.6
Рдест пронзеннолистный	1	—	—	—	—	—	—	—
	2	4.3	19.9	3.0	4.9	3.5	1.0	0.1
	3	2.9	26.6	2.9	3.7	4.5	0.7	1.1
	4	3.6	12.6	3.0	5.9	3.5	0.7	1.9
	5	2.7	19.5	2.8	2.6	2.8	0.4	1.7
Рдест блестящий	1	4.0	22.9	1.8	5.5	2.2	1.4	0
	2	—	—	—	—	—	—	—
	3	5.6	21.9	5.9	5.1	3.4	0.7	—
	4	4.6	13.2	3.6	5.3	4.3	0.9	3.6
	5	—	—	—	—	—	—	—
Горец земноводный	1	3.1	23.2	1.1	3.9	3.1	0.9	0
	2	3.0	20.4	1.5	3.2	2.7	0.6	—
	3	2.7	25.0	1.5	2.3	2.4	0.4	0.8
	4	3.0	28.5	2.0	3.2	2.9	0.6	2.6
	5	2.2	20.2	2.3	3.3	2.4	0.2	0.9

Примечание. 1 — устье р. Мологи, 2 — пролив у г. Вьесгонска, 3 — устье р. Кесьмы, 4 — заливные участки у пос. Плосково, 5 — залив Лоша.

цинка по всем точкам не имело больших различий, и только в устье р. Мологи у двух видов рдеста содержание этого элемента было несколько выше.

Таким образом, настоящее исследование показало равномерное распределение тяжелых металлов по всей изучаемой акватории. Учитывая, что растения могут накапливать вещества различной природы в количестве, в десятки и сотни раз превышающем их содержание в воде, можно сделать вывод, что экологическая обстановка в отношении тяжелых металлов здесь благополучная. Об этом свидетельствует и отсутствие межвидовых различий в накоплении металлов, что обычно характерно для загрязненных участков водоемов [2].

Литература

1. Кузьмичев А. И., Ляшенко Г. Ф. Высшая водная растительность Моложского плеса Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1991. № 90.
2. Мисрякова Т. Ф. Роль прибрежно-водной растительности в очистке сточных вод // Влияние стоков Череповецкого промышленного узла на экологическое состояние Рыбинского водохранилища. Рыбинск, 1990.
3. Смирнова Н. Н. Об использовании высших водных растений в экологическом мониторинге водоемов // Проблемы экологии Прибайкалья: Тез. докл. Иркутск, 1988.
4. (Britske M. E.) Брицке М. Э. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. М., 1982.
5. Guiliizoni P. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submersed macrophytes // Aquat. Bot. 1991. N 41.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 574.583 (285.2) : 591

А. Н. Георгиев

ОСОБЕННОСТИ ЗООПЛАНКТОНА СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ОЗЕРА ВИДОГОЩЬ

Data on zooplankton of Lake Vidogoshch during summer stratification obtained in 1990 and 1991 years were compared with data of 70th years. Changes in species composition were not found. Zooplankton biomass increased 2.5–3.0 times. Zooplankton inhabits the epilimnion. The other parts of water column are lifeless.

Эвтрофирование небольших стратифицированных озер прослеживается в период летней стагнации в некоторых зарегистрированных явлениях: исчезновении кислорода в гипolimнии, перемещении оксиклина в эпилимнион, сужении ниши холодолюбивого, стенобионтного комплекса, высоких биомассах зоопланктона, сосредоточенного в эпилимнионе.

Затопление оз. Видогощ (глубина около 17 м, длина около 1 км) наблюдается на левобережной пойме Волжского плеса Иваньковского водохранилища и отделено от русла Волги заросшими мелководьями. Зимой, при падении уровня, оно полностью отчленяется от волжского потока, весной в него поступают паводковые воды, несущие органическое вещество, оседающее в озере как в отстойнике. Летом мощные сплавины макрофитов отгораживают озеро со стороны Волги. Донные отложения, состоящие из отмерших макрофитов, содержат около 56 %

органического вещества [1]. Это вызывает интенсивные микробиологические процессы, идущие с поглощением кислорода, образованием метана, что особенно проявляется в котловине озера в подледный период. Зимние заморы, охватывающие в некоторые зимы всю толщу воды, — свидетельство значительного эвтрофирования озера [2]. Летом зоопланктон озера населяет эпилимнион, суточные перемещения ракообразных происходят только в его пределах. В этот период в озере доминирует *Cladocera* [1].

Цель нашей работы — сравнение зоопланктона оз. Видогощь в период летней стагнации в середине 70-х и начале 90-х годов.

Исследования проводили в начале июля 1990 и 1991 гг. На каждом горизонте от поверхности до дна в центральной части озера отбирали зоопланктон, измеряли температуру воды и содержание растворенного кислорода. Сбор и обработку материала проводили по общепринятым методикам.

Небольшие размеры озера, относительно глубокая котловина и ветровое перемешивание только поверхностных слоев создают условия для хорошо выраженной температурной стратификации, а также способствуют неравномерному распределению растворенного кислорода в толще воды (см. рисунок). В период летней стагнации эпилимнион озера богат кислородом (7–11 мг/л). В мета- и гипolimнионе кислород практически отсутствует — оксиклин располагается в эпилимнионе.

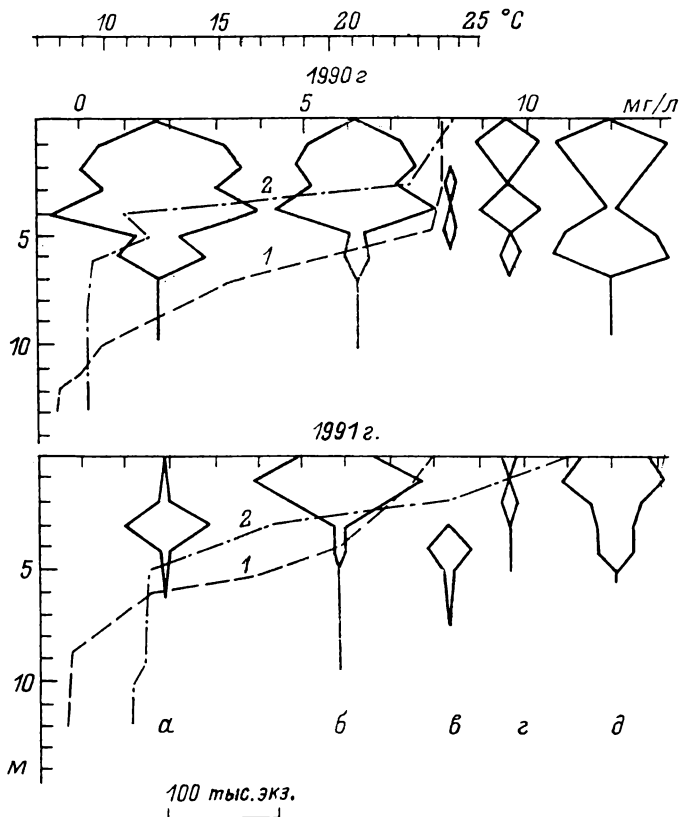
Продолжительный период безветренной погоды в июне 1990 г. способствовал более выраженной стратификации, что подтверждает распределение кислорода (перепад в оксиклине составлял 6.5 мг O_2 /л на 1 м). В июле 1990 г. большие биомассы зоопланктона (13 г/м³) на глубине 4 м способствовали резкому снижению содержания растворенного кислорода, с уменьшением количества зоопланктеров (2.5 г/м³) на глубине 5 м его величина значительно увеличивалась. Явление возникновения металимниального минимума кислорода в оз. Вашингтон вследствие потребления кислорода веслоногими рачками описано Shapiro [4].

Видовой состав зоопланктона озера 1990–1991 гг. по сравнению с составом 70-х годов существенно не изменился, что подтверждает индекс видового сходства Серенсена:

	1990	1991
1975	0.75	0.74
1990		0.74

Индекс видового разнообразия Шеннона имел близкие значения: 1990 г. — 2.74, 1991 г. — 2.79.

В период летней стагнации 1990 и 1991 гг. доминировали, как и в середине 70-х годов, *Cladocera*. Наибольшая численность наблюдалась у *Daphnia cucullata* и *D. cristata*. Высокие количественные показатели имели также *Bosmina coregoni* и *Limnoscia frontosa*. Из *Copepoda* в массовом количестве развивались *Thermocyclops oithonoides*, *Thermocyclops crassus*, *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*.



Температура (1, °C), содержание растворенного кислорода (2, мг/л) и вертикальное распределение зоопланктона в оз. Видогощ 9/VII 1990 и 5/VII 1991 гг.

а – *Daphnia cristata*, б – *D. cucullata*, в – *D. longispina*, г – *Bosmina coregoni*, д – *Nauplii*.

В 70-е и начале 90-х годов среди *Rotatoria* доминировал *Conochilus unicornis*. Второй по численности в 1990 г. была *Keratella quadrata*, а в 1991 г. – *Kellicottia longispina*. *Keratella cochlearis* в эти годы практически отсутствовала, тогда как в 70-е годы являлась многочисленной формой.

Биомасса зоопланктона в центральной части озера значительно возросла с середины 70-х годов. Если в те годы в эпилимнионе до глубины 4 м ее значения составляли 3.4–3.6 г/м³ [1], то в 1990 г. они колебались от 6.8 г/м³ до 13.2 г/м³ (в среднем 9.7 г/м³), в 1991 г. – от 2.6 г/м³ до 19.5 г/м³ (в среднем 9.2 г/м³), что в 2.5–3.0 раза выше, чем в середине прошлого десятилетия.

Зоопланктон озера в период летней стагнации состоит из эвритермных и теплолюбивых видов. Холодноводные stenotherms не встречаются в водоеме, что связано с почти полным отсутствием кислорода

в гипolimниионе. Зоопланктон населяет эпилимнион и частично металимнион.

В 1990 г. вертикальное распределение некоторых видов характеризовалось наличием нескольких пиков численности: выше верхней границы оксиклина, выше верхней границы термоклина, но ниже оксиклина и ниже верхней границы термоклина (см. рисунок). Науплиусы имели 2 пика – в поверхностном слое и в слое металимниона. Такое распределение совпадает с пиками численности фитопланктона и бактерий [3], которыми питаются науплиусы.

В июле 1991 г. рачки придерживались горизонтов с относительно стабильными условиями. *Daphnia cucullata* предпочитала теплый эпилимнион, богатый кислородом: максимальная численность *D. cristata* наблюдалась над верхней границей термоклина, где кислородные условия были благоприятными; *D. longispina* сосредоточивалась в металимнионе с пониженным содержанием кислорода.

Таким образом, видовой состав зоопланктона затопленного эвтрофного оз. Видогощ в настоящее время не изменился по сравнению с серединой 70-х годов. В период летней стагнации водоем по-прежнему населяют теплолюбивые и эвритермные виды, среди которых доминирует *Cladocera*. Крeофильные виды в летний период не встречаются из-за отсутствия кислорода в гипolimниионе. Биомасса зоопланктона в глубоководной части озера возросла примерно в 2.5–3.0 раза. В длительную безветренную погоду в период летней стратификации это приводит к нехватке кислорода в нижних слоях эпилимниона, что сужает горизонт обитания зоопланктонного комплекса до объемов мелководного водоема. Усиление этого процесса может вызвать массовую гибель зоопланктеров.

Литература

1. **Иваньковское** водохранилище и его жизнь. Л., 1978.
2. **Ривьер И. К., Жгарев Н. А.** Экология зимних зоопланктонных сообществ водоемов Верхней Волги // Водные сообщества и биология гидробионтов. Л., 1985.
3. **Экосистема** озера Плещеево. Л., 1989.
4. **Shapiro J.** The cause of metalimnetic minimum of dissolved oxygen // Limnol. and Oceanogr. 1960. Vol. 5, N 2.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

В. Г. Гагарин, Ю. В. Карасев

МЕСТО ПРЕСНОВОДНЫХ ФОРМ ЧЕРВЕЙ В ТАКСОНОМИИ И ФИЛОГЕНИИ ОТРЯДА *CHROMADORIDA* (NEMATODA)

The taxonomic structure of *Chromadorida* order from marine forms rank of family and from freshwater forms to genera is presented. The philogenetic relations between the families have been revealed on the basis of the analysis of morphologic characters. The evolution of this worm group is considered hypothetically.

Отр. *Chromadorida* Chitwood, 1933 — один из наиболее богатых видами таксон свободноживущих водных нематод. В его состав входит около 1300 видов из 200 родов [5, 8]. Большинство видов обитает в морях и солоноватых континентальных водоемах, в пресной воде встречаются 33 вида из 8 родов [7].

В последние два десятилетия опубликовано ряд работ, посвященных разработке естественной системы водных свободноживущих нематод [4, 6, 8, 9], причем состав и объем отр. *Chromadorida* трактуется в них по-разному.

Мы принимаем следующее таксономическое деление отр. *Chromadorida*:

Отр. *Chromadorida* Chitwood, 1933

Надсем. *Microloaimoidea* Micoletzky, 1922

Сем. *Microloaimidae* Micoletzky, 1922: 7 родов, виды обитают в море и солоноватых водоемах

Сем. *Aponchidae* Gerlach, 1963: 2 морских рода

Надсем. *Cyatholaimoidea* Filipjev, 1918

Сем. *Cyatholaimidae* Filipjev, 1918: 25 родов, виды 24 родов обитают в море и солоноватых континентальных водоемах, виды рода *Achromadora* Cobb, 1913 обитают в пресных водоемах, реже во мху и сырой почве

Сем. *Ethmolaimidae* Filipjev et Sch. Stekhoven, 1941: 2 рода; один, *Ethmolaimus* de Man, 1880, — пресноводный, второй — морской

Сем. *Selachinematidae* Cobb, 1915: 15 морских родов

Надсем. *Chromadoroidea* Filipjev, 1917

Сем. *Chromadoridae* Filipjev, 1917: 40 родов, виды которых живут в водной среде.

Отдельные виды 5 родов: *Chromadorita* Filipjev, 1922; *Dichromadora* Kreis, 1929; *Prochromadora* Filipjev, 1922; *Punctodora* Filipjev, 1929; *Chromadorina* Filipjev, 1918 обитают в пресных водоемах

Надсем. *Desmodoroidea* Filipjev, 1922

Сем. *Desmodoridae* Filipjev, 1922: виды 24 родов обитают в море. Виды одного рода, *Prodesmodora* Micoletzky, 1923, обитают в пресных водоемах

Надсем. *Draconematidae* Filipjev, 1918

Сем. *Draconematidae* Filipjev, 1918: 11 морских родов

Сем. *Epsilonematidae* Steiner, 1927: 6 морских видов

Надсем. *Monoposthoidea* Filipjev, 1934

Сем. *Monoposthiidae* Filipjev, 1934: 4 рода, виды которых обитают в морях и солоноватых континентальных водоемах.

Диагноз отр. *Chromadorida*: Довольно мелкие черви. Кутикула, как

Семейство	Строение кутикулы	Форма головных тангорецепторов 2-го и 3-го кругов	Вооружение стомы
<i>Microloaimidae</i>	Кольчатая, реже гладкая, изредка орнаментированная	Щетинки + щетинки, Папиллы + щетинки	Дорзальный и 2 субвентральных зуба
<i>Aponchidae</i>	Кольчатая, реже гладкая	Папиллы + щетинки	То же
<i>Cyatholaimidae</i>	Кольчатая, орнаментированная	Щетинки + щетинки, Папиллы + щетинки, Папиллы + папиллы	Дорзальный зуб большой, субвентральные часто отсутствуют
<i>Ethmolaimidae</i>	То же	Папиллы + щетинки	3 равных по величине зуба
<i>Selachinematidae</i>	"	Щетинки + щетинки, Папиллы + щетинки, Папиллы + папиллы	Челюсти или подобные им образования
<i>Chromadoridae</i>	"	Папиллы + щетинки, Щетинки + щетинки	3 зуба, дорзальный чаще более крупный
<i>Desmodoridae</i>	Кольчатая, очень редко гладкая	Щетинки + щетинки, Папиллы + щетинки	Дорзальный зуб и более мелкие субвентральные
<i>Draconematidae</i>	Грубокольчатая	Щетинки + щетинки	Нет зубов
<i>Epsilonematidae</i>	То же	— + щетинки	То же
<i>Monoposthiidae</i>	Грубокольчатая, с продольными ребрами	Папиллы + щетинки, Щетинки + щетинки	Дорзальный зуб

правило, кольчатая, иногда приобретает вид чешуй и черепиц, довольно часто орнаментирована склероциями в виде точек, бляшек, пузырей. Иногда кутикула на головном конце гладкая, резко отличается от таковой на теле, образуя своего рода головной панцирь. Головные тангорецепторы расположены в 3, реже в 2 круга, причем 1-й и 2-й круги (или только 1-й) представлены папиллами, 2-й и 3-й (чаще только 3-й) – щетинками. Отверстия амфидов разнообразны по форме: круглые, спиральные, щелевидные, петлевидные. Ротовая полость открывается вестибулумом, несущим 12 кутикулярных ребер. Стома, как правило, вооружена зубами, онхами или своеобразно устроенными челюстями. Реже она узкая, слабо развитая, без вооружения. Пищевод

Форма отверстия амфидов	Наличие базального бульбуса пищевода	Характеристика яичников	Количество семенников
Круглая, скрыто-спиральная	Имеется	2 прямых	2, очень редко 1
Круглая	”	1 прямой	1
Спиральная	Редко имеется	2, реже 1, анти-дромные	2, реже 1
То же	Имеется	2 антидромных	2
”	Отсутствует	То же	2
Округло-овальная, поперечно-вытянутая	Имеется	”	1
Круглая, скрыто-спиральная, крючковидная	Редко отсутствует	”	1
Крючковидная, скрытоспиральная	Пищевод сложный, мощный бульбус	”	1
Круглая, скрыто-спиральная	Мощный бульбус	”	1
Округлая	Имеется	1 или 2, анти-дромные	2

обычно несет базальный бульбус. Половые трубки самок парные (за редким исключением), яичники антидромные, реже прямые. Семенники парные или одинарные. Спикеры парные, рулек имеется. Свободноживущие морские, редко пресноводные и почвенные формы.

Монофилия отряда доказывается синапоморфией – вестибулум ротовой полости несет 12 кутикулярных ребер. В связи с этим семейства *Comesomatidae* и *Ceramonematidae*, представители которых лишены кутикулярных ребер в вестибулуме, не помещены в состав отр. *Chromadorida*, а отнесены к отр. *Araeolaimida*.

Плезиоморфиями в отряде считаем следующие морфологические признаки: кольчатая кутикула, лишенная точечной ареоляции и

кутикулярных склероций; слабо развитая ротовая полость, равноутолщенный по всей своей длине пищевод, прямые, парные яичники и парные семенники. По-видимому, с большой степенью достоверности можно констатировать, что наиболее примитивной группой в отряде является сем. *Microlaimidae* (см. таблицу). Редукция заднего яичника у червей сем. *Aponchidae* — вторичное явление и поэтому наличие только одного яичника следует рассматривать как апоморфный признак. Также более продвинутым признаком в филогенезе червей считаем ареолированную кутикулу. Уже в сем. *Microlaimidae* имеются виды с ареолированной точками кутикулой. Но наиболее ярко выражен данный признак у нематод надсем. *Chromadoroidea* и *Cyatholaimoidea*. Филогенетическую общность и близкую родственность данных групп подтверждает также наличие в данных таксонах самцов, несущих своеобразно устроенные кубковидные (ячейковидные) супплекменты. Синапоморфиями для надсем. *Cyatholaimoidea* является спиральная форма отверстия амфидов, а для надсем. *Chromadoroidea* — щелевидная или округло-овальная, слегка сплюснутая продольно. Кроме того, в первом надсемействе амфиды расположены на уровне стомы или ниже ее, а во втором — в основании головных щетинок. В сем. *Monoposthiidae* апоморфией считаем наличие кутикулярных гребней, образованных из V-образных насечек на кольцах кутикулы. Характерной особенностью данного семейства является редукция у самцов спикул, замена их рульком.

Пресноводные формы нематод имеются в 4 семействах отряда: *Cyatholaimidae*, *Ethmolaimidae*, *Chromadoridae* и *Desmodoridae*.

Экология видов, входящих в данные семейства, различна. Виды рода *Achromadora* являются типичными обитателями грунтов пресных водоемов. В почве и мху они не встречаются. Питаются бактериями, водрослями и детритом [10]. Виды рода *Prodesmodora* также входят в состав мейобентоса пресных водоемов, придерживаясь мелководного прибрежья. Кроме того, они являются обычными компонентами донной фауны эстуариев рек, а также соленых озер и минеральных источников. Нередко входят в состав биоценозов мхов и почвы, питаются бактериями и водорослями. Виды рода *Ethmolaimus* довольно часто являются доминирующей группой мейобентоса пресных вод. Нередко встречаются в солоноватых континентальных водоемах. Строение ротовой полости червей, снабженной 3 большими подвижными зубами и мощной мускулатурой, предполагает питание простейшими, коловратками и, вероятно, личинками нематод. Пресноводные формы нематод из сем. *Chromaridae* (*Chromadorina bioculata*, *Ch. viridis*, *Punctodora ratzemburgensis* и т. д.) входят в состав оксифильного перифитона. Они чрезвычайно оксифильны, питаются исключительно диатомовыми водорослями, разгрызая их створки и высасывая содержимое [10].

Различное таксономическое положение пресноводных форм внутри отр. *Chromadorida* (см. рисунок) и многообразный образ их жизни предполагают, что они являются потомками не одной, а нескольких

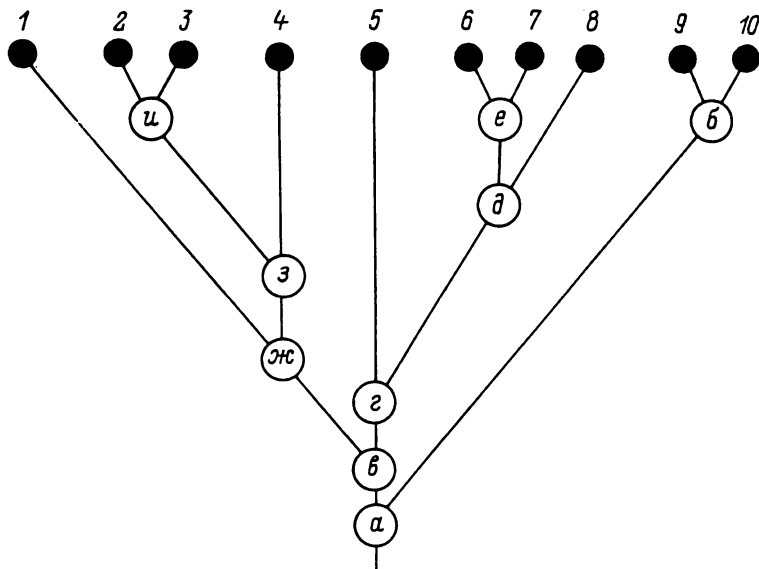


Схема филетических отношений между семействами в отр. *Chromadorida*.

1–10 – семейства: 1 – *Monoposthiidae*, 2 – *Draconematidae*, 3 – *Epsilonematidae*, 4 – *Desmodoridae*, 5 – *Chromadoridae*, 6 – *Cyatholaimidae*, 7 – *Ethmolaimidae*, 8 – *Selachinematidae*, 9 – *Microlaimidae*, 10 – *Aponchidae*. а–и – морфологические признаки (плезио- и апоморфии): а – прямые или загнутые яйчники; б – два или один прямой яйчник; в – кутикула без ареоляции или ареолированная; г – амфиды округлые или спиральные; д – стома относительно маленькая, не вооружена челюстями и подобными им образованиями или крупная обширная, несет челюсти и подобные им образования; е – стома вооружена большим дорзальным зубом и более мелкими субвентральными или в стоме три равных по размеру подвижных зуба; ж – кутикула без продольных ребер или они имеются; з – соматические щетинки простые или имеются своеобразно устроенные „ходильные”; и – „ходильные” щетинки на головном конце тела отсутствуют или имеются.

ветвей или потомков морских хромадорид, в разное время осваивающих пресные воды.

Попытаемся гипотетически восстановить экспансию морскими хромадоридами континентальных водоемов. По всей вероятности, отряд обособился от основного ствола круглых червей в начале палеозоя, когда формировались основные таксоны водных нематод. Морфологически хромадориды более всего близки к отр. *Araeolaimida* [1, 4]. Вероятно, уже в мезозое морские хромадориды начали осваивать континентальные водоемы. Это были предки современных червей из родов *Achromadora*, *Prodesmodora*, *Ethmolaimus*, которые морфологически довольно хорошо обособлены от ближайших морских родственников. Мы относим их к мезолимнической группе нематод [2]. Виды сем. *Chromadorida*, входящие в состав обрастаний водных растений и питающиеся диатомовыми водорослями, являются неолимническими формами, сравнительно недавно проникшими в пресные воды. На это указывает

их „морской” облик: обильное развитие соматических щетинок, ареоляция кутикулы, наличие „глазков”, оксифильность, а также слабое таксономическое обособление (только на уровне вида) от морских форм. К тому же диатомовые водоросли известны не ранее, чем из озерных осадков позднего эоцена [3].

В настоящее время мы имеем возможность непосредственно наблюдать процесс заселения некоторыми морскими формами пресных водоемов. Так, в устьях рек довольно часто встречаются следующие морские и солоноватоводные виды хромадорид: *Dichromadora geophylla*, *Parascyatholaimus intermedius*, *Microilaimus globiceps* и др.

Литература

1. Гагарин В. Г. К системе и филогении свободноживущих нематод (*Nematoda*) // Фауна, биология и систематика свободноживущих низших червей. Рыбинск, 1991.
2. Гагарин В. Г. Эволюция нематод в пресных водах // Эволюционная теория и проблемы фитогельминтологии: Тез. докл. М., 1991.
3. Диатомовые водоросли СССР, ископаемые и современные. М., 1974. Т. 1.
4. Малахов В. В. Нематоды: строение, развитие, система и филогения. М., 1986.
5. Цалолыхин С. Я. Типично пресноводные нематоды — что это такое? // Зоол. журн. 1989. Т. 68, вып. 12.
6. Andrassy I. Evolution as a basis for the systematisation of nematodes. Budapest, 1976.
7. Andrassy I. Klasse *Nematoda* (*Ordnungen Monhysterida, Desmoscolecida, Araeolaimida, Chromadorida, Rhabditida*). Berlin, 1894.
8. Gerlach S. A., Riemann F. The Bremerhaven checklist of aquatic nematodes. A catalogue of *Nematoda Adenophorea* excluding the *Dorylaimida* // Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremenhaven, 1973. Suppl. 4.
9. Lorenzen S. Entwurf eines phylogenetischen Systems der freilebenden *Nematoden* // Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremenhaven, 1984. Suppl. 7.
10. Romeyn K., Bouwman L. A. Food selection and consumption by estuarine nematodes // Hydrobiol. Bull. 1983. Vol. 17, N 2.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН
Московский институт инженеров транспорта

УДК 591.344.12 (571.663)

Н. В. Вехов

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ ANOSTRACA И NOTOSTRACA В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН

New finds of 8 species of fairy shrimps and 1 species of tadpole shrimp has been shown firstly for the last 50–60 years in forest-steep and steep regions of Russia and of contiguous countries. Three species of *Anostraca* are halophilous (*Branchinecta orientalis*,

Branchinella spinosa, *Branchinecta media*) and 5 species are freshwater forms (*Branchipus schaefferi*, *Tanimastix stagnalis*, *Branchipodopsis affinis*, *Drepanosurus birostatus*, *Chirocephalus altaicus*). Tadpole shrimp (*Triops granarius*) is inhabitant of small freshwater biotopes in Buryatia and Chita region.

Фауна голых жаброногов (*Anostraca*) и щитней (*Notostraca*) отдельных регионов лесостепной и степной зон исследована недостаточно из-за сравнительной редкости рачков, непостоянства водоемов, в которых они обитают, и слабой их изученности. В течение последних 60 лет какие-либо сборы полевого материала в этих зонах не проводились. Общая характеристика фауны филлопод дана в литературе по сведениям, относящимся к началу XX столетия [1–6].

Ниже приводятся новые сведения о местонахождениях редких видов *Anostraca* и *Notostraca* в наиболее освоенных человеком регионах степной и лесостепной зон Украины, России, северного Казахстана и Забайкалья. Материал: собственные сборы автора в 1986–1991 гг. на Украине (Херсонская обл.), в России (Воронежская обл.); результаты обработки проб, присланных автору Т. И. Добрыниной, и сборы Т. С. Стуге из Алтайского края и Казахстана (Павлодарская, Кокчетавская, Целиноградская области), Новосибирской обл.; пробы, собранные по просьбе автора Н. Л. Нестеровой (Бурятия) и Н. Л. Бердниковым (Забайкалье).

Юг степной зоны Украины (Причерноморье). Для окрестностей г. Одессы имеются сведения, относящиеся к 70-м годам XIX столетия [3]. Автором достоверно выявлены новые местообитания *Branchinecta orientalis* G. O. Sars, 1901, *Branchinecta media* (Schmankewitsch, 1873), *Branchinella spinosa* (Milne-Edwards, 1840) и *Tanimastix stagnalis* (Linne, 1758) в Херсонской обл. и на Кинбурнском п-ове. На территории Солеузерского и Ивано-Рыбальчанского участков Черноморского биосферного заповедников и в их окрестностях (1988, 1990 и 1991 гг.) обитают галофильные виды *Anostraca* – *Branchinecta orientalis*, *Branchinecta media* и *Branchinella spinosa*. Наиболее галофильная из них *B. spinosa* встречается в различных естественных мелководных пересыхающих и постоянных озерах на солончаках с соленостью воды 0.5–15.6 ‰, весной (апрель–май) – при еще невысокой солености воды (1.6–9.5 ‰). *B. spinosa* отмечена также в старых заброшенных солнечных солеварнях, где обитает в этот период вместе с *Artemia salina* (Linne, 1758).

В годы с избытком талых снеговых, дождевых и грунтовых вод и максимальным заполнением биотопов (1988 г.) активная фаза существования популяций *Branchinella spinosa* составляет 120–150 сут (апрель–июль), а при их дефиците (1990, 1991 гг.) – в 2 раза короче. Активная фаза существования популяций *Branchinecta media*, населяющей пересыхающие озера на солончаках (соленость воды 0.5–4.3 ‰), короче – 60–90 сут в апреле–июне 1988 г. и 30–60 сут в апреле–мае 1990 и 1991 гг. Среди этих галофильных видов *Anostraca* минимальная продолжительность активной фазы наблюдается у *Branchinecta orientalis*, обитающей при солености не более 2–3 ‰, – 30–45 сут

(апрель—первая половина мая). Пресноводный *Tanymastix stagnalis* обнаружен в эфемерных лужах на участке Ягорлыцкий Кут Черноморского биосферного заповедника. Первые 3 вида встречаются при температуре 8–28°C, *T. stagnalis* — при 8–22°C. У *T. stagnalis*, *B. media* и *B. orientalis* отмечена одна, а у *B. spinosa* — 2–4 генерации в течение активной фазы существования их популяций, причем у бранхинеллы с конца мая одновременно встречаются особи материнского и дочернего поколений.

Все 4 вида отмечены только однажды (1988 г.) при максимальном уровне заполнения водой биотопов. В годы с засушливым бесснежным периодом (1990 и 1991 гг.) *Tanymastix stagnalis* не обнаружен, поскольку из-за отсутствия талых снеговых и дождевых вод весной (март—апрель) биотопы этого вида остаются сухими и популяции переживают неблагоприятные для них условия на стадии диапаузирующих яиц. Из этих 4 видов *T. stagnalis* и *B. orientalis* — наиболее редкие: первый вид встречен в 13 временных весенних водоемах, второй — только в 5. Размеры половозрелых особей и плодовитость самок указаны в таблице.

Лесостепная зона европейской части России. Для этого региона имеются сведения лишь о единичных находках щитней [1, 6]. В 1986 г. в Воронежской обл. (на территории Хоперского заповедника и в его окрестностях) обнаружены 3 редких и повсеместно исчезающих вида *Anostraca* — *Tanymastix stagnalis*, *Branchipus schaefferi* Fischer, 1834 и *Drepanosaurus birostratus* (Fischer, 1834). Все они отмечены весной (апрель—май), причем *T. stagnalis* и *B. schaefferi* обнаружены каждый в одном водоеме, а *D. birostratus* — в двух. Их биотопы — эфемерные, заполняющиеся талой снеговой водой и расположенные на плакоре лужи. Все эти виды моноцикличны, встречаются при температуре воды 8–28°C. Активная фаза существования их популяций не более 30–45 сут, позже начала—середины последней декады мая рачки не отмечены. Размеры половозрелых особей и плодовитость самок указаны в таблице.

Степная зона Северного Казахстана и Западного Алтая. До настоящего времени в литературе не было данных по фауне *Anostraca* и *Notostraca* этого региона. Нами обнаружены следующие виды:

Branchinecta orientalis — озера Горькое (Алтайский край) и Кышпак (запад Целиноградской обл.), безымянные озера (Кокчетавская обл., Казахстан);

Branchinecta spinosa — озера Северного Казахстана (Тенгиз (Целиноградская обл.), Шурексор (Павлоградская обл.), Жолаксолар и Силеты-тениз (Кокчетавская обл.)), озера в Чистоозерном р-не Новосибирской обл.;

Branchinectella media — озера Северного Казахстана (Жолаксолар (Кокчетавская обл.), Шурексор (Павлодарская обл.));

Chirocephalus altaicus Daday, 1910 — мелководное безымянное озеро близ оз. Маралды (Павлодарская обл., Казахстан); данная находка

**Размеры половозрелых особей ($M \pm m$) и плодовитость ($M \pm m$)
Anostraca и *Notostraca***

Вид	Местонахождение	Длина тела, мм	Количество яиц в помете, шт.
<i>Branchinecta orientalis</i>	Северное Причерноморье	16.0 ± 6.9	120.8 ± 75.9
		16.8 ± 6.7	
	Северный Казахстан	47.2	367
		—	
	Запад Алтайского края	21.9	86
		22.6	
<i>Branchipodopsis affinis</i>	Забайкалье	13.8 ± 6.6	32.5 ± 22.5
		14.4 ± 7.2	
<i>Branchinella spinosa</i>	Северное Причерноморье	28.9 ± 16.7	150.6 ± 130.7
		26.9 ± 15.8	
	Северный Казахстан	21.8 ± 9.2	64.5 ± 41.6
		21.6 ± 11.6	
	Новосибирская обл.	21.3	28
		—	
<i>Branchipus schaefferi</i>	Воронежская обл.	15.3 ± 6.3	43.6 ± 21.2
		14.2 ± 6.1	
<i>Tanymastix stagnalis</i>	Северное Причерноморье	12.8 ± 6.4	30.6 ± 20.8
		13.8 ± 6.3	
	Воронежская обл.	13.2 ± 6.1	25.7 ± 12.1
		12.9 ± 6.2	
<i>Branchinectella media</i>	Северное Причерноморье	10.9 ± 5.4	65.9 ± 49.7
		10.7 ± 5.0	
	Северный Казахстан	8.2 ± 1.0	34.3 ± 21.6
		8.2 ± 1.9	
<i>Chirocephalus altaicus</i>	Северный Казахстан	13.2	21
		12.3	
<i>Drepanosurus birostratus</i>	Воронежская обл.	18.3 ± 5.3	65.7 ± 44.2
		15.3 ± 5.3	
<i>Triops granarius</i>	Забайкалье	22.8 ± 12.8	80.6 ± 70.4
		28.6 ± 16.7	

Примечание. Над чертой — самки, под чертой — самцы.

Ch. altaicus — третья известная к настоящему времени и первая после первоописания [4].

Все эти виды обитают в солоноватых водоемах и обнаружены в пробах, собранных в июне—августе. Размеры половозрелых особей и количество яиц в помете приведены в таблице.

Лесостепная зона Забайкалья. Литературные данные о фауне голых жаброногов и щитней этого региона отсутствуют. В пробах автором обнаружены 2 редких для России и сопредельных стран вида — *Branchipodopsis affinis* (G. O. Sars, 1901) и *Triops granarius* (Lucas, 1864). Оба рачка обитают во временных и постоянных мелких водоемах на пойменных террасах рек Шилки, Ингоды, туры и др. и на водоразделах в Читинской обл. (близ оз. Кенон, окрестности г. Читы; с. Газимурский Завод, с. Николаевка, с. Георгиевка и бассейн р. Туры). Биотопы существуют с весны (май) до осени (октябрь), в такие же сроки здесь встречаются и оба вида. Характерно, что в течение бесснежного периода у них отмечено 3—4 генерации, причем самки только последней генерации откладывают латентные яйца. Время существования одного поколения 25—40 сут. Размеры половозрелых особей и плодовитость приведены в таблице.

Литература

1. Дексбах Н. К. К распространению и биологии *Apusidae* в России (1-е дополнение) // Работа Северо-Кавказ. гидробиол. ст. при Горском с.-х. ин-те. Владикавказ, 1926. Т. 1, вып. 2.
2. Смирнов С. С. Листоногие раки (*Phyllopoda*) // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л., 1940. Т. 1.
3. Шманкевич В. И. Некоторые ракообразные соляно-озерных и пресных вод и отношение их к среде // Зап. Новорос. об-ва естествоисп. Одесса, 1875. Т. 3.
4. Daday de Dees E. Monographie systematique des phyllopose anostraces // Ann. sci. natur. Zool. et biol. anim. Paris, 1910. Vol. 11.
5. Daday de Dees E. Quelques phylloposes anostraces nouveaux // Ann. sci. natur. Zool. et biol. anim. Paris, 1910. Vol. 12.
6. Deeksbach N. K. Zur Verbreitung und Biologie der Apusiden in Russland // Рус. гидробиол. журн. Саратов, 1924. Т. 3, № 6—7.

ВНИИ охраны природы и заповедного дела
Минприроды России

Л. Д. Зубарева, Д. И. Стом

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ
НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЭПИШУРЫ (*EPISCHURA*
BAICALENSIS SARS) И ДАФНИЙ
(*DAPHNIA MAGNA* STRAUS)**

Action of some substances on surviving of *Epischura baicalensis* and *Daphnia magna* was studied during acute toxicity experiments. In some cases the sensitivity of *Epischura baicalensis* to toxic compounds was comparable or even less than of *Daphnia magna*. *Cyclops kolensis* Lill was shown to be the most resistant species in our experiments.

В планктоне оз. Байкал эпишура (*Epischura baicalensis* Sars) составляет 80–90 % от суммарной биомассы зоопланктона, что определяет ее важнейшую роль в функционировании планктонного сообщества [3]. Плохая выживаемость при культивировании, реликтовость и эндемизм эпишуры послужили основанием считать ее чрезвычайно чувствительной к действию токсикантов. Для биотестирования загрязнителей, в том числе и в бассейне оз. Байкал, как правило, широко используют *Daphnia magna* Straus [1]. Для возможности перенесения выводов, полученных при токсикометрии с дафниями, на эпишуру мы сопоставляли токсикорезистентность этих двух рачков. В годы с теплым летом в планктоне оз. Байкал довольно широко распространена байкальская вариация *Cyclops kolensis* Lill. [2]. Поэтому в ряде экспериментов оценивали и его токсикорезистентность.

Эксперименты проводили в летне-осенний период на байкальской биостанции Иркутского университета. Эпишуру 4–5-й копепоидитных стадий и циклопов старших копепоидитных стадий отлавливали в оз. Байкал и адаптировали к лабораторным условиям около 2 сут. Дафний культивировали по стандартной методике [6] и использовали 2–3-суточных рачков.

Через сутки в концентрации CuSO_4 $2.5 \cdot 10^{-5}$ моль/л выживало (50 ± 6) % рачков эпишуры при 100 %-ной смертности дафний. В среде с концентрацией $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л полностью погибали и дафнии, и эпишура.

Байкальская вода служила контролем, в ней же растворяли все испытуемые соединения. Эксперименты с эпишурой и циклопами проводили в терморегулируемой камере при температуре около 5 °С, эксперименты с дафниями – при комнатной температуре. Все опыты, как правило, ставили в 6–9 повторностях. В каждой повторности использовали 6 дафний или по 20 экз. эпишуры и циклопов в 30 мл среды. О влиянии испытуемых соединений судили по выживаемости рачков в острых (до 24 ч) опытах. В качестве токсикантов применяли соединения с различным механизмом токсического действия: поверхностно-активные вещества (моющее средство „Вильва” и „Твипен-40”),

соли металлов (CdCl_2 , FeCl_2 , CuSO_4 , NaCl , ZnCl_2), полифенолы (пирокатехин и резорцин), ртутьсодержащий яд — *n*-хлормеркурибензойная кислота и также такой осмотик как маннит. По степени частоты испытуемые вещества относились к ХЧ или ЧДА. Двухатомные фенолы чистили как указано в [5]. Полученные результаты обработаны статистически по [4].

Влияние пирокатехина оценивали в диапазоне концентраций от 10^{-6} до 10^{-2} моль/л. Через 24 ч в этих растворах наблюдали 100 %-ную гибель дафний, в то же время выживаемость эпишуры в концентрации 10^{-4} моль/л составила 100 %.

n-Хлормеркурибензойную кислоту испытывали на токсичность в ряду концентраций от 10^{-6} до 10^{-3} моль/л. Через 18 ч в растворе с концентрацией 10^{-4} моль/л выжило (50 ± 5) % эпишуры при полной гибели дафний.

Концентрации от 10^{-4} до 1 мл/л „Твееп-40” не оказали токсического действия на выживаемость эпишуры в 24-часовом эксперименте. За это же время в среде с концентрацией 10^{-4} моль/л выжило только (56 ± 11) % дафний.

Выживаемость рачков эпишуры через сутки в растворах с содержанием маннита от 10^{-4} до 10^{-1} моль/л оставалась на уровне контроля. В среде с концентрацией маннита 10^{-1} моль/л через 24 ч выжило (33 ± 19) % дафний.

В растворах с содержанием ZnCl_2 10^{-5} моль/л через 24 ч выживало (78 ± 11) % эпишуры при полной гибели дафний. Аналогично в среде с содержанием CdCl_2 10^{-4} моль/л наблюдали 100 %-ную выживаемость эпишуры при полной гибели дафний.

В концентрации FeCl_2 10^{-4} моль/л вся эпишура погибла, а выживаемость дафний составила всего лишь (8 ± 2) %.

Резорцин тестировали на токсичность в ряду концентраций от 10^{-5} до 10^{-2} моль/л. В среде с концентрацией резорцина 10^{-3} моль/л выживаемость дафний составила (39 ± 6) % при полной гибели эпишуры. Витальными для обоих рачков оказались среды с содержанием 10^{-4} и 10^{-5} моль/л.

Через сутки в моющем средстве „Вильва” с концентрацией 10^{-2} мл/л выжило (52 ± 4) % эпишуры при 100 %-ной выживаемости дафний.

Близкие величины действующих для обоих рачков концентраций получены на растворах NaCl . Так, при действии растворов с концентрацией NaCl 10^{-3} моль/л через 24 ч выживало (73 ± 7) % рачков эпишуры и 100 % дафний.

Более высокую по сравнению с дафниями и эпишурой устойчивость к испытуемым соединениям проявил циклоп. Так, например, в растворах с FeCl_2 $7.8 \cdot 10^{-4}$ моль/л через сутки выживаемость циклопов составила (76 ± 4) %, а NaCl ($1.6 \cdot 10^{-2}$ моль/л) — 100 %.

Таким образом, приведенные материалы свидетельствуют, что токсикорезистентность реликтового рачка эпишуры к отдельным веществам, по крайней мере в 24-часовом эксперименте,

довольно близка, а в ряде случаев даже выше, чем у такого широко используемого при биотестировании ракообразного, как дафния.

Литература

1. Бейм А. М. Экспериментальное обоснование допустимого содержания компонентов в очищенных сточных водах Байкальского целлюлозно-бумажного комбината // Охрана природы от загрязнений промышленными выбросами предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Л., 1983.
2. Кожов М. М. Биология озера Байкал. М., 1962.
3. Кожова О. М. Питание *Epischura baicalensis* Sars (Copepoda, Calanoida) из оз. Байкал // ДАН, 1953. Т. 90, № 2.
4. Плохинский Н. А. Биометрия. М., 1970.
5. (Стом Д. И.) Stom D. I. Influence of polyphenols and quinones on aquatic plants and their blocking of SH-groups // Acta hydrochim. et hydrobiol. 1977. Vol. 5, N 3.
6. Строганов Н. С., Колосова Л. В. Ведение лабораторной культуры и определение плодовитости дафний в ряде поколений // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М., 1971.

Научно-исследовательский институт биологии
при Иркутском университете

УДК 595.371.045

И. А. Скальская

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ БАЙКАЛЬСКОГО БОКОПЛАВА *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

The Baikal amphipod *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) was introduced into the Gorky reservoir from the Rybinsk one. By the end of 80-ties it populated all reaches of the reservoir and is reproduced during the whole vegetation period.

Естественное расселение байкальского бокоплава *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) в бассейне Волги, начавшееся с середины 60-х годов после акклиматизационных мероприятий в Горьковском водохранилище, обогащает кормовую базу рыб, а также свидетельствует о наличии свободных экологических ниш гидробионтов.

В Рыбинском водохранилище байкальский бокоплав впервые был обнаружен в Волжском плесе в 1986 г. (устное сообщение В. И. Бисерова). Авария на Череповецком металлургическом комбинате в 1987 г. отрицательно сказалась на численности многих гидробионтов [2], но, очевидно, не повлияла на расселение байкальского бокоплава. В 1988 г. он был найден на севере Шекснинского плеса (о-в Ваганиха),

а к 1991 г., заселив все водохранилище, рачок поднялся вверх по р. Шексне на 15–20 км выше г. Череповца.

Для оценки состояния популяций бокоплава в водохранилище в течение вегетационного периода 1991 г. проводили сборы материалов по биологии рачка. В мае и июне пробы собирали в разных плесах водохранилища на следующих станциях: у д. Крестцы, у островов Ваганиха, Южок, Шуморовский, Зеленый, Первомайские. Кроме того, с июля по сентябрь дважды в месяц рачков отлавливали у о-ва Зеленого. Всего было собрано 4582 особи. При обработке проб определяли размеры, массу рачков и яиц, плодовитость, а также репродуктивное усилие самок. Последняя характеристика выражена в процентах через соотношение сырой массы яиц на ранних стадиях развития к сырой массе самки с яйцами.

Бокоплавы найдены в большом количестве на песчаных мелководьях среди нитчаток, в обрастаниях на затопленной древесине, а также на камнях и между ними в скоплениях разлагающейся растительности.

Длина рачков в водохранилище составила 1.3–9.5 мм, отдельных особей – 10 мм. В Горьковском водохранилище бокоплавы были крупнее: максимальный размер самок 13.7 мм, самцов – 16.6 мм [3]. Эти различия связаны, вероятно, с разным уровнем обеспеченности пищей. В Рыбинском водохранилище из-за значительной летней ежегодной сработки уровня воды песчаные мелководья не заливаются, слабо зарастают макрофитами и низкопродуктивны. Бокоплавы здесь локализуются в основном в перифитоне на различных субстратах, но и эти микробиотопы периодически осушаются и только после паводка на них начинают развиваться водоросли и накапливаться детрит – основная пища рачков. Различия биотопов сказываются на популяционных характеристиках этого вида. Так, в оз. Байкал самые мелкие рачки были обнаружены на чистых прибойных пляжах Большого Посольского сора и, наоборот, наиболее крупными размерами отличались бокоплавы, населявшие богатые детритом грунты Иркутского водохранилища [1].

Размеры рачков, как известно, определяют их массу и плодовитость. В Рыбинском водохранилище последние характеристики в основном совпадают с теми, которые отмечены для озер Байкал и Ильмень (табл. 1). Однако у крупных особей из водохранилища наблюдалась тенденция к уменьшению массы и плодовитости по сравнению с озерными.

Циклы развития рачков тесно связаны с температурным режимом и условиями питания. Продолжительность жизни бокоплавов из оз. Байкал составляет около трех лет, однако основная часть популяции живет около года и за это время самка может дать три помета [1].

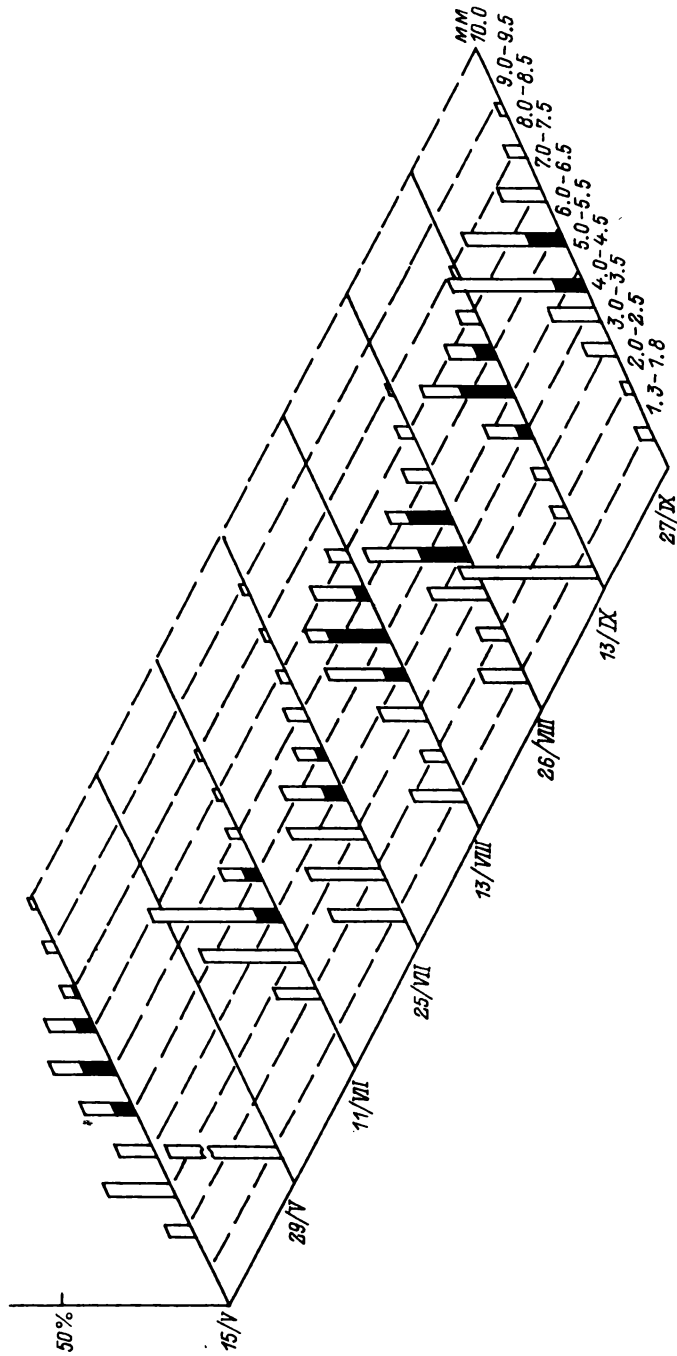
В Рыбинском водохранилище бокоплавы начинали размножаться в мае. В середине мая при температуре воды 11.4–12.2°C основная часть популяции рачков на разных биотопах была представлена половозрелыми особями от 4 до 9.5 мм (см. рисунок). В размерном

Таблица 1

Некоторые биологические характеристики *Gmelinoidea fasciatus* из разных водоемов

Показатель	Размер, мм										
	1.3—	2.0—	3.0—	4.0—	5.0—	6.0—	7.0—	8.0—	9.0—	10.0—	11.0— 12—13
Рыбинское водохранилище											
Масса, * мг	0.13	0.50	1.03	2.00	3.59	5.68	7.98	10.54	13.44		
Масса ♀ с яйцами, мг					4.1	6.2	8.6	13.0			
Количество яиц, шт.			5	6	10	13	20	23	—		
Оз. Ильмень [4]											
Масса, мг	0.15—0.20	0.35—0.56	1.0—1.8	2.0—2.5	3.4—4.1	4.0—7.2	5.7—10.8	10.4—14.4	17.7	24.0	
Количество яиц, шт.				6	13	15	22	36			
Оз. Байкал [1]											
Масса, мг	0.1	0.4	1.1	2.4	4.4	7.0	10.5	14.0	17.6	21.5	33.0
Количество яиц, шт.			3	5	10	15	21	27	32		

* Масса самцов и самок без яиц.



Размерная структура популяций байкальского бокоплава в Рыбинском водохранилище.

Закрашенная часть столбика — яйценосные самки, %.

диапазоне 5.0–8.0 мм доля яйценосных самок составляла 16.1–58.0 %. Средний размер рачков в популяциях был равен 4.3–5.3 мм. У большинства особей яйца находились на ранних стадиях эмбрионального развития и имели размеры 0.45–0.5 мм при средней массе 0.042–0.068 мг. Лишь у немногочисленных особей размер яиц с четко выраженными эмбрионами достигал 0.6 мм при массе 0.084–0.090 мг.

Первый массовый выход молоди наблюдался спустя 2 нед. В конце мая при температуре 13.4°C в перифитоне в большом количестве присутствовали только новорожденные рачки размером 1.2–1.5 мм. Крупные рачки могли мигрировать в более спокойные места из-за сильного ветрового волнения. Бекман [1] упоминает о наличии у бокоплавов активных поведенческих реакций, связанных не только с размножением, но и изменением гидрологических условий.

К сожалению, данные об изменении структуры популяций рачков в Рыбинском водохранилище в течение июня отсутствуют. В первой декаде июля при максимальном прогреве воды водоема до 22–23°C основу популяций составляли особи размером 3.0–4.5 мм. Самки с яйцами отмечены исключительно в размерном диапазоне от 4.0 до 5.5 мм, у некоторых из них в марсупиальных сумках находились вышедшие из яиц рачки. В конце июля вновь появилась в массовом количестве молодь рачков размером 1.3–1.5 мм, составлявшая 22 % от всей популяции. Увеличился размерный диапазон размножающихся самок. Единично найдены мелкие самки размером 3.5 мм, в марсупиях которых содержалось не более 6 яиц. С началом размножения их рост не прекращался и в последующих пометах плодовитость соответственно увеличивалась [1]. Среди рачков размером 6.0–7.5 мм доля яйценосных самок была невелика. Активно размножающиеся самки в популяции имели размеры 4.0–5.5 мм. Яйца находились на различных стадиях развития, у некоторых самок в марсупиальных сумках содержались вышедшие из яиц молодые рачки. Как правило, яйца развивались синхронно. Изредка встречались самки с одним гигантским яйцом размером 0.7 мм. При наличии большого количества молоди рачков средний размер особи на разных биотопах составил 3.1–3.9 мм.

На протяжении августа рачки продолжали размножаться. На долю молоди размером 1.3–1.8 мм приходилось 9.4–18.0 % популяции. В середине августа в размерной группе рачков 5.0–5.5 мм до 75 % особей были яйценосными самками, к концу августа эта активно размножающаяся часть популяции пополнилась самками размером 4.0–4.5 мм. Следовательно, в июле–августе размерный диапазон основной части яйценосных самок был сходным.

В первой половине сентября при температуре 13.6°C наблюдался очередной массовый выход молоди. Рачки размером 1.3–1.8 мм составляли 42.1 % популяции. Среди размножающихся бокоплавов преобладали особи размером 5.0–5.5 мм, из них 65.2 % приходилось на долю яйценосных самок. Возросло количество яйценосных самок размером 6.0–6.5 мм и уменьшилось – размером 4.0–4.5 мм.

В конце сентября при температуре 12.8°C в популяциях

Таблица 2

Соотношение средних значений некоторых биологических характеристик *Gmelinoides fasciatus* из Рыбинского водохранилища

Размеры самок с яйцами, мм	Масса самки, мг	Количество яиц, шт.	Масса яиц, мг	Масса одного яйца, мг	Репродуктив- ное усилие, %
5.0–5.5	4.2	12	0.6	0.057	13.9
6.0–6.5	6.1	17	0.9	0.056	15.2
7.0–7.5	8.8	21	1.4	0.065	15.8

бокоплавов молодые особи были единичными. Средняя длина тела рачков равнялась 5.5 мм. Яйценозные самки имели размер 5.0–6.5 мм. В marsupialных сумках находились вылупившиеся рачки и яйца с эмбрионами на поздних стадиях развития. Видимо, период размножения у бокоплавов заканчивался.

При сравнении величины репродуктивного усилия самок размером от 5.0 до 7.5 мм, которые несли основную нагрузку по воспроизводству популяций, оказалось, что даже в пределах одной и той же размерной группы она изменялась в довольно широких пределах – от 7 до 25 %. Однако средние значения этого показателя в разных размерных группах самок почти одинаковы – 13.9–15.8 (табл. 2). Эта величина, по-видимому, может служить видоспецифической характеристикой бокоплавов.

Таким образом, обнаруженный впервые в 1986 г. в Рыбинском водохранилище байкальский бокоплав в настоящее время заселил все плесы и активно размножается в течение всего вегетационного периода. Весной яйценозные самки имели размеры 5–9 мм. В июле–августе при максимальном прогреве воды водоема длина тела яйценозных самок была минимальной (4.0–5.5 мм) и повышалась к осени (5.0–6.5 мм). При непрерывном репродуктивном цикле у рачков массовый выход молоди был отмечен трижды: первый – в конце мая, второй – в конце июля и третий – в первой половине сентября. В центре ареала вида (оз. Байкал) выход молоди происходил в более поздние и сжатые сроки: в Большом Посольском соре – в июне–июле, в открытом прибрежье озера – с июля по октябрь. Сроки выхода молоди бокоплавов в Рыбинском водохранилище близки к таковым в Иркутском. Наши данные согласуются с выводами Бекман [1] об активизации репродуктивного потенциала бокоплавов при освоении новых биотопов в водохранилищах. В Рыбинском водохранилище этому способствует отсутствие конкурентов со стороны близкородственных видов. Однако обеспеченность пищей рачков, по-видимому, нельзя считать достаточной, так как они оказались мельче, чем в упомянутых водоемах.

1. Бекман М. Ю. Экология и продукция *Micruropus possolski* Sow и *Gmelinoides fasciatus* Stebb. // Систематика и экология ракообразных Байкала. М.; Л., 1962.
2. Влияние стоков Череповецкого промышленного узла на экологическое состояние Рыбинского водохранилища. Рыбинск, 1990.
3. Волков В. В., Потина И. И. Распространение, размеры и плодовитость *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing), акклиматизированного в Горьковском водохранилище // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. Л., 1977. № 21.
4. Саватеева Е. Б. Результаты вселения байкальских бокоплавов и понтокаспийских мизид в озеро Ильмень // Итоги и перспективы акклиматизации кормовых беспозвоночных в рыбохозяйственных водоемах. Л., 1985.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 574.64 : 574.5.087

С. Н. Перова

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛЛЮСКАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

The conjugate analysis of metals in molluscs and bottom sediments has revealed their different content in separate parts of a reservoir and polluted weakly waterbodies. The coefficients of accumulation of cadmium, copper and mercury are larger than those of iron, zinc, chromium, nickel, cobalt and lead.

Моллюски являются удобным объектом биомониторинга тяжелых металлов в пресноводных экосистемах, особенно на ранних стадиях загрязнения. Это объясняется их широким распространением, легкостью сбора, длительностью сроков жизненного цикла, на протяжении которого они воспринимают не только хронические, но и случайные „залповые” антропогенные воздействия загрязняющих веществ на экосистемы [3].

Существенным является вопрос: отражает ли накопление тяжелых металлов моллюсками уровень загрязнения этими веществами окружающей среды. Поэтому целесообразно проводить сопряженный анализ металлов как в моллюсках, так и в среде их обитания (воде и донных отложениях).

Из многочисленных исследований известно, что различные виды гидробионтов по-разному накапливают тяжелые металлы. Поэтому было предложено делить их по величине аккумуляции на группы. В качестве критерия такого разделения используется коэффициент

биологического накопления (K_d), под которым понимают отношение концентрации металлов в теле гидробионтов к их содержанию в грубо-детритном иле (на сухую массу). По данной классификации животные с $K_d > 2$ — макроконцентраторы, с $K_d = 1-2$ — микроконцентраторы, с $K_d < 1$ — деконцентраторы [3].

Целью настоящей работы было изучение элементного состава мягких тканей двух наиболее распространенных представителей малакофауны в Рыбинском водохранилище — *Dreissena polymorpha* Pallas и *Viviparus viviparus* L., а также донных отложений. Выбор именно этих видов моллюсков как объектов исследования объясняется их различными экологическими характеристиками. Известно, что дрейссена ведет прикрепленный образ жизни и может лишь пассивно передвигаться вместе с субстратом, преобладающий тип питания — фильтрация взвешенных в воде органических веществ. В отличие от нее живородка *V. viviparus* может передвигаться по поверхности субстратов и неглубоко закапываться в грунт. По типу питания этот моллюск является собирателем-фитодетритофагом, соскабливает пищевой материал с различных субстратов или непосредственно с поверхности грунта [1]. Учитывая эти экологические характеристики, можно предположить у данных видов различную аккумуляцию металлов, которая в какой-то мере отражает и видоспецифичность.

Материал был отобран на 14 станциях Рыбинского водохранилища в мае—июне 1990 г. Моллюсков собирали при помощи драги на глубинах от 2 до 10 м. Пробы грунта брали дночерпателем ДАК-100 на глубине 4–5 м из верхнего слоя толщиной 5 мм.

Известно, что накопление металлов моллюсками зависит от их размера и возраста [3, 5], поэтому на каждой станции для анализа брали по 20–25 экз. дрейссены и 15–20 живородки одного размера (2,5–3,0 см). Мягкие ткани отделяли от раковин с помощью ножа из ванадий-вольфрамового сплава, не содержащего исследуемых элементов, затем высушивали в термостате при температуре 105°C. Пробы грунта, помещенные в чашки Петри, сушили на воздухе.

Содержание меди, железа, цинка, кобальта, никеля, хрома, кадмия, свинца и ртути определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА S-1 после обработки проб методом „мокрого” озоления [3].

У обоих исследованных видов значительные различия отмечены лишь в накоплении меди и никеля. Концентрации меди в теле *V. viviparus* были в 2–6 раз выше, а никеля в 1,5–3,0 раза ниже, чем у *D. polymorpha*, содержание остальных металлов было примерно на одном уровне (табл. 1).

Пределы колебаний концентраций цинка, кобальта, меди и свинца в теле моллюсков были невелики. Для железа, никеля, кадмия и особенно ртути отмечен значительный размах концентраций (табл. 1). Содержание меди у дрейссены было стабильным (12–17 мкг/г сухой массы) по всему водохранилищу, за исключением района г. Череповца (110 мкг/г). По сравнению с другими участками водохранилища концентрации кадмия, железа, свинца и ртути в мягких

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в моллюсках и донных отложениях водохранилища, мкг/г сухой массы

Объект исследования	Cu	Fe	Zn	Co · 10 ⁻¹	Ni · 10 ⁻¹	Cr	Cd · 10 ⁻¹	Pb	Hg · 10 ⁻²
Рыбинское водохранилище									
Дрейссена	12-110 23 ± 8	211-1316 645 ± 78	9-19 12 ± 1	34-56 43 ± 2	67-184 141 ± 10	1-4 3 ± 0.3	6-32 10 ± 3	4-28 7 ± 0.6	3-354 37 ± 29
Живородка	31-99 70 ± 7	231-1276 609 ± 91	13-20 15 ± 0.6	37-76 57 ± 8	54-94 72 ± 5	3-5 4 ± 0.2	6-18 11 ± 1	5-16 9 ± 0.6	2-23 12 ± 2
Донные отложения	5-68 20 ± 4	2130-11780 5930 ± 0.7	42-452 163 ± 32	50-180 114 ± 10	80-430 24 ± 3	8-46 23 ± 3	5-16 9 ± 1	8-38 18 ± 2	1-20 9 ± 5
Слабозагрязненные водоемы									
Дрейссена	21-70	530-1350	28.5-91	2.5-11.0	-	0.1-0.5	-	3-19	15-70
Живородка	30.5-73.0	153-1350	135-784	3.7-13.0	-	0.2-0.5	-	1-11	5-75

Примечание. Над чертой — размах концентраций металлов, под чертой — средняя и ошибка средней.

Таблица 2

Коэффициенты накопления металлов моллюсками

Металл	Cu	Fe	Zn	Co	Ni	Cr	Cd	Pb	Hg
Рыбинское водохранилище									
Дрейссена	0.25-4.4	0.04-0.25	0.03-0.17	0.25-0.82	0.25-1.15	0.09-0.26	0.39-3.2	0.15-1.58	0.5-37.3
Живородка	1.0-9.9	0.06-0.28	0.04-0.35	0.04-1.09	0.13-0.87	0.08-0.48	0.37-2.83	0.12-1.35	0.10-2.79
Слабозагрязненные водоемы									
Дрейссена	1.8-2.5	0.02-0.04	1.1-2.0	0.04-0.1	-	0.008-0.03	-	0.6-1.7	1.8-7.5
Живородка	2.4-3.0	0.01-0.02	5.4-13.1	0.06-0.1	-	0.01-0.03	-	0.2-0.7	2.5-3.8

частях исследованных видов из Моложского плеса были выше.

В донных отложениях отмечен больший, чем у моллюсков, размах концентраций всех исследованных металлов, кроме железа и ртути (табл. 1). Содержание меди, кобальта, никеля, хрома, кадмия, свинца и ртути было выше у г. Череповца и о-ва Ваганиха, что позволяет предполагать и большее накопление этих металлов моллюсками Шекснинского плеса, подверженного сильному антропогенному влиянию. Однако результаты анализа мягких тканей эти предположения не подтвердили. Возможно, это связано с различными формами существования металлов в водоеме, от которых зависит их биологическая доступность для гидробионтов. Как показали некоторые исследования [1, 2], существенное значение имеет физико-химическая среда (температура, солевой состав, наличие комплексобразующих веществ, процессы окисления, гидролиза, поступления органических веществ, особенно аминокислот). Решение этой проблемы требует дальнейших, более детальных наблюдений.

Используя изложенный выше метод, нами были рассчитаны коэффициенты накопления металлов моллюсками (K_d) (табл. 2). По значениям K_d в порядке увеличения металлы можно расположить следующим образом: для *Dreissena polymorpha* – $Fe = Zn < Cr < Pb < Co < Ni < Cd < Cu < Hg$, для *Viviparus viviparus* – $Fe < Zn < Cr < Ni < Co < Pb < Cd < Hg < Cu$. Коэффициенты накопления железа, никеля и ртути были больше у дрейссены, а меди, цинка, свинца, кобальта, хрома и кадмия – у живородки (табл. 2). Оба вида на отдельных станциях являлись макроконцентраторами меди, кадмия и ртути. Для остальных металлов моллюски оказались деконцентраторами.

Содержание металлов в теле моллюсков Рыбинского водохранилища сравнивали с принятыми за фоновый уровень концентрациями металлов в мягких тканях моллюсков из слабозагрязненных рек Воронежского заповедника [3]. По сравнению с фоновым уровнем концентрации цинка в теле моллюсков Рыбинского водохранилища оказались ниже, а кобальта и хрома – приблизительно в 10 раз выше. Концентрации других металлов изменялись примерно в тех же пределах, что и в эталонных моллюсках.

Содержание металлов в мягких тканях моллюсков Рыбинского водохранилища определялось также в 1986 г. [4], однако эти данные оказались несравнимы с нашими, так как пробы обрабатывались методом „сухого” озоления, который ведет к потере части микроэлементов [6], результаты здесь были выражены в мкг/г золы, а не в мкг/г сухой массы.

Таким образом, коэффициенты накопления металлов дрейссеной и живородкой отражают их видоспецифичность и общие закономерности аккумуляции микроэлементов, участвующих во всех физиологических процессах организма.

По сравнению с фоновым уровнем моллюски Рыбинского водохранилища накапливают меньше цинка, но больше кобальта и хрома, что,

судя по коэффициентам накопления, не связано с загрязнением грунтов этими металлами, а, вероятно, зависит от их биологической доступности в данных условиях.

Некоторые различия, выявленные в содержании металлов между отдельными участками водохранилища, возможно, вызваны как антропогенным воздействием, так и физико-химическими условиями среды.

Литература

1. Кораблева А. И., Антоненко Т. М. Накопление металлов моллюсками в зависимости от поступления в среду органических веществ // Экологические основы воспроизводства биологических ресурсов степей Приднестровья. Днепропетровск, 1986.
2. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Биологическая роль различных форм металлов в водных экосистемах // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Гидрохимия и донные отложения. Иркутск, 1981. Вып. 5.
3. Никаноров А. М., Жулидов А. В., Покаржевский А. Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л., 1985.
4. Цельмович О. Л., Галеева М. В. Распределение некоторых микроэлементов, железа и марганца в моллюсках сублиторали Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1989. № 84.
5. Brix H., Lyngby J. E. The influence of size upon the concentration of Cd, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn in the common mussel (*Mytilus edulis* L.) // Heavy metals in water organisms: Simposia biologica Hungarica. Budapest, 1985.
6. Mc. Carthy H. T., Ellis P. Christopher Comparison of microwave digestion on with conventional wet ashing and dry ashing digestion for analysis by lead, cadmium, chromium, copper and zinc in shellfish by flame atomic absorption spectroscopy // J. Assoc. Offic. Anal. Chem. 1991. Vol. 74, N 3.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 591.132.05 : 597

И. Л. Голованова

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛОВ КИШЕЧНИКА ЛЕЩА И КАРПА

The intestine morphology of bream *Abramis brama* (L.) from the Rybinsk reservoir and of carp *Cyprinus carpio* L. has been investigated. The mass of intestine parts, the mucosa mass, the height of mucosa folds, the thickness of muscular layer decreased in the distal part of intestine in the both fish species.

Хорошо известно, что строение и различные функциональные характеристики пищеварительного тракта рыб в значительной мере зависят от спектра питания и особенностей биогеоценозов [1, 3]. Однако по существующей традиции при физиологических исследованиях, как правило, не проводят морфологических и гистологических работ или же привлекаются материалы, полученные для рыб из других водоемов.

Таблица 1

Масса различных участков кишки леща и карпа, г

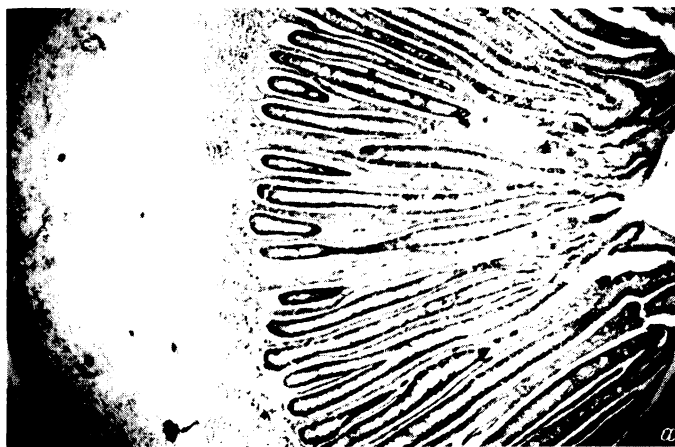
Вид	Участок кишки					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Лещ	1.30 ± 0.1	1.28 ± 0.1	1.04 ± 0.1	0.90 ± 0.1	0.76 ± 0.05	0.61 ± 0.06
Карп	0.42 ± 0.04	0.29 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.17 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.13 ± 0.01
	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й
Лещ	0.57 ± 0.04	0.54 ± 0.05	0.53 ± 0.05	0.52 ± 0.07	0.47 ± 0.09	0.34 ± 0.04
Карп	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.09 ± 0.01

Примечание. Здесь и в табл. 2 исследовано по 4 экз. рыб.

Цель настоящей работы состояла в изучении морфологии кишечника леща *Abramis brama* (L.) и карпа *Cyprinus carpio* L., которые служили модельными объектами при изучении гидролиза и транспорта углеводов в кишечнике рыб [5].

Работа проведена в июле–декабре 1985 г. Исследовано 20 экз. леща, отловленного в Рыбинском водохранилище, и 10 экз. прудового карпа, выращенного на прудовой базе „Сунога”. Масса леща составляла 470–850 г, карпа – 60–135 г. Рыб забивали сразу или спустя 2 сут после поимки. Полость тела вскрывали, извлекали кишечник и разрезали его на 12 равных участков, которые взвешивали. Затем отделяли специальным скребком мукозный слой и также взвешивали. Для приготовления срезов материал фиксировали жидкостью Буэна с последующей заливкой в парафин. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином по Маллори. На срезах измеряли высоту складок слизистой оболочки, толщину слизистой (от основания складок до мышечного слоя) и мышечной оболочек.

Пищеварительный тракт леща и карпа представлен ротоглоточной полостью, пищеводом и кишкой. Желудок отсутствует. Кишечник в передней части расширен, затем постепенно суживается, образуя у леща 4, у карпа 8 петель. У леща кишечник по сравнению с другими представителями семейства *Cyprinidae* относительно короткий – приблизительно равен длине тела, у карпа – в 2–3 раза превышает длину тела. В просвет кишечника открываются протоки желчного пузыря и гепатопанкреаса. Максимальные значения массы отмечены в проксимальном, минимальные – в дистальном участках кишки у обоих видов рыб (табл. 1). При этом нами выявлены видовые различия в изменении массы: так, в кишечнике леща наблюдалось последовательное снижение массы участков в дистальном направлении, в то же время для карпа характерна стабилизация массы большинства участков во второй половине кишки.



3 2 1



3 2 1

Поперечный срез среднего отдела кишки леща (а) и карпа (б).

1 — слизистая оболочка, 2 — циркулярный мышечный слой, 3 — продольный мышечный слой.

Увеличение: $\times 32$ (а), $\times 63$ (б), лето.

Стенка кишки обоих видов рыб состоит из трех оболочек: слизистой, мышечной и серозной (см. рисунок). Подслизистая оболочка отсутствует. Слизистая оболочка кишки у обоих видов рыб образует высокие продольные анастомозирующие друг с другом складки. Складки состоят из выступа собственной пластинки слизистой оболочки, покрытого эпителием. В преанальном участке кишки у обоих видов складки слизистой становятся невысокими и массивными. Мышечная оболочка кишечника леща и карпа хорошо развита в основном за

Таблица 2

Соотношение отдельных слоев в стенке кишки леща и карпа, мм

Вид	Отдел кишки	Высота складок	Толщина слизистой оболочки	Толщина мышечной оболочки
Лещ	Передний	494—650	73—123	145—251
		601	102	199
	Средний	238—603	72—141	103—222
		396	104	152
	Задний	206—334	83—124	55—148
		298	108	111
Карп	Передний	560—952	49—126	133—196
		791	77	165
	Средний	343—644	35—98	63—203
		450	65	118
	Задний	315—476	56—140	84—154
		390	86	115

Примечание. Над чертой — минимальные и максимальные значения, под чертой — средние значения.

счет слоя гладких мышечных волокон, превышающего толщину продольного слоя приблизительно в 3 раза. К мышечной оболочке прилежит серозная оболочка, однако на препаратах она плохо сохраняется и поэтому не видна.

Соотношение отдельных слоев на протяжении кишки леща и карпа представлено в табл. 2. Кишка условно делилась на передний, средний и задний отделы: передний — прямой отрезок от места впадения желчного протока до начала первой петли (расширенный участок), средний — от начала первой до начала последней петли, задний — отрезок от вершины последней петли до анального отверстия. Высота складок слизистой и толщина кишечной стенки варьируют на протяжении кишки у обоих видов рыб. Установлено, что в кишечнике леща высота складок слизистой постепенно уменьшается от переднего отдела к заднему: 200, 155 и 136 % (от толщины кишечной стенки, принятой за 100 %) в переднем, среднем и заднем отделах соответственно. Толщина слизистой оболочки увеличивается в дистальном направлении — 34, 41 и 49 %, толщина мышечной оболочки, напротив, уменьшается — 66, 59 и 51 % в переднем, среднем и заднем отделах соответственно.

В кишечнике карпа максимальная высота складок слизистой отмечена в переднем отделе (328 %), минимальная — в заднем (194 %). Высота складок слизистой в среднем отделе кишки карпа составила 246 %. Толщина слизистой оболочки постепенно увеличивается в дистальном направлении и составляет 32, 35.5 и 42.5 % в переднем, среднем и зад-

Таблица 3

**Масса слизистой и мышечной оболочек в различных участках кишки леща,
% от массы всей кишечной стенки**

Участок кишки	Осень (n = 5)		Зима (n = 6)	
	До инкубации	После инкубации	До инкубации	После инкубации
1-й	65 ± 2.8	71 ± 3.2	65 ± 2.0	68 ± 1.9
	35 ± 2.8	29 ± 3.2	35 ± 2.0	32 ± 1.9
2-й	69 ± 1.6	71 ± 2.1	67 ± 2.9	66 ± 1.7
	31 ± 1.6	29 ± 2.1	33 ± 2.9	34 ± 1.7
3-й	68 ± 2.6	71 ± 3.3	64 ± 2.2	65 ± 2.2
	32 ± 2.6	29 ± 3.3	36 ± 2.2	35 ± 2.2
4-й	68 ± 2.9	69 ± 1.6	58 ± 2.6	65 ± 2.5
	32 ± 2.9	31 ± 1.6	42 ± 2.6	35 ± 2.5
5-й	64 ± 3.0	68 ± 2.3	59 ± 1.7	63 ± 2.0
	36 ± 3.0	32 ± 2.3	41 ± 1.7	37 ± 2.0
6-й	63 ± 1.9	63 ± 2.5	58 ± 2.3	60 ± 2.2
	37 ± 1.9	37 ± 2.5	42 ± 2.3	40 ± 2.2
7-й	57 ± 2.1	63 ± 1.9	55 ± 1.5	60 ± 2.2
	43 ± 2.1	37 ± 1.9	45 ± 1.5	40 ± 2.2
8-й	54 ± 2.5	61 ± 2.8	55 ± 1.7	60 ± 2.5
	46 ± 2.5	39 ± 2.8	45 ± 1.7	40 ± 2.5
9-й	53 ± 0.9	57 ± 2.6	57 ± 1.7	62 ± 2.6
	47 ± 0.9	43 ± 2.6	43 ± 1.7	38 ± 2.6
10-й	55 ± 3.7	58 ± 3.5	58 ± 2.5	61 ± 3.7
	45 ± 3.7	42 ± 3.5	42 ± 2.5	39 ± 3.7
11-й	57 ± 3.3	59 ± 2.8	57 ± 1.9	59 ± 2.3
	43 ± 3.3	41 ± 2.8	43 ± 1.9	41 ± 2.3
12-й	49 ± 1.0	48 ± 2.9	50 ± 6.3	50 ± 3.5
	51 ± 1.0	52 ± 2.9	50 ± 6.3	50 ± 3.5

Примечание. 1–2-й участки соответствуют переднему, 3–8-й – среднему, 9–12-й – заднему отделам кишки, n – количество исследованных рыб. Над чертой – масса слизистой, под чертой – масса мышечной оболочек.

нем отделах кишки соответственно. Толщина мышечной оболочки уменьшается в дистальном направлении и составляет в переднем отделе 68 %, среднем – 64.5 %, заднем – 57.5 % от толщины кишечной стенки.

Сопоставление полученных данных свидетельствует о том, что соотношение отдельных слоев в кишечнике леща и карпа меняется

сходным образом: высота складок слизистой и толщина мышечного слоя уменьшаются в дистальном направлении. При этом следует отметить, что высота складок слизистой, выраженная в процентах от толщины всей кишечной стенки, на всем протяжении кишки карпа значительно превышает таковую в кишечнике леща.

Соотношение массы слизистой и мышечной оболочек в различных участках кишки леща представлено в табл. 3. Осенью и зимой максимальные значения массы слизистой оболочки отмечены во 2-м участке, минимальные — в 12-м. Различия между максимальными и минимальными значениями статистически достоверны в осенний ($P < 0.001$) и зимний ($P < 0.05$) периоды. При исследовании транспорта углеводов кусочки кишки инкубируют в растворах субстратов. Нами показано, что масса слизистой оболочки увеличивается после инкубации кишечных препаратов по сравнению с массой слизистой, измеренной до инкубации. Однако это увеличение статистически недостоверно как осенью, так и зимой. Сопоставление полученных данных свидетельствует о том, что соотношение массы слизистой и мышечной оболочек непостоянно по длине кишки и составляет 70 : 30, 60 : 40 и 50 : 50 в переднем, среднем и заднем участках кишки соответственно. При этом нам удалось показать зависимость структурных характеристик от функционального состояния организма. Так, у леща в период интенсивного питания (сентябрь) масса слизистой оболочки составляет более 60 % от массы всей кишечной стенки в первой половине кишки, а в период зимнего голодания (декабрь) — лишь в первой четверти кишечника.

Полученные в нашей работе данные хорошо согласуются с результатами предыдущих исследований, свидетельствующими о структурной неравноценности различных отделов кишечника рыб [1, 6]. Ранее было установлено, что высота складок слизистой оболочки, толщина и масса мукозного и мышечного слоев снижаются в дистальных участках кишечника леща [10] и карпа [4]. Кроме того, у питающихся рыб наблюдаются более высокие значения массы мукозы на 1 см кишечной длины для переднего, среднего и заднего отделов кишечника по сравнению с голодными особями [9] и более резко выраженный проксимодистальный градиент массы слизистой по длине кишки [4], который, вероятно, поддерживается присутствием люминальных нутриентов [7]. В то же время ряд исследователей [2, 8] отмечают увеличение объема и массы слизистой и мышечной оболочек кишечника рыб, адаптированных к холоду. В дополнение к этому нами показано, что в период зимнего эндогенного питания у леща происходит изменение соотношения массы мукозы к массе мышечного слоя на всем протяжении кишки, особенно в его проксимальных участках. Этот анатомический градиент (разный для разных видов и зависящий от физиологического состояния) необходимо учитывать при сравнении скоростей транспорта нутриентов между отдельными особями, поскольку различия в поглощении (в расчете на 1 мг влажной массы кишки или на 1 см кишечной длины) могут быть вызваны различиями в количестве транспортирующей (мукоза) и нетранспортирующей (мышечный слой) тканей.

1. Веригина И. А., Жолдасова И. М. Эколого-морфологические особенности пищеварительной системы костистых рыб. Ташкент, 1982.
2. Коростелев С. П. Влияние температуры на морфофункциональные характеристики кишечника карповых рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1992.
3. Никольский Г. В. Экология рыб. М., 1974.
4. Соболев Л. Б. Морфофункциональная характеристика пищеварительной системы молоди карпа, выращиваемой в прудах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1991.
5. Уголев А. М., Кузьмина В. В., Рощина Г. М., Смирнова Л. Ф., Голованова И. Л., Груздков А. А. Характеристика мембранного гидролиза и транспорта у рыб // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1989. № 3.
6. Buddington R. K., Diamond J. M. Pyloric ceca of fish: a „new” absorptive organ // J. Physiol. 1987. Vol. 252, N 1, pt 1.
7. Karasov W. H., Diamond J. M. Adaptive regulation of sugar and amino acid transport by vertebrate intestine // Amer. J. Physiol. 1983. Vol. 245.
8. Lee J. A. C., Cossins A. R. Adaptation of intestinal morphology in the temperature-acclimated carp, *Cyprinus carpio* L. // Cell and Tissue Res. 1988. Vol. 251, N 2.
9. McLeese J. M., Moon T. W. Seasonal changes in the intestinal mucosa of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum) from Passamaquoddy Bay, New Brunswick // J. Fish Biol. 1989. Vol. 35.
10. Sjankowa L. The surface area of the intestinal mucosa in bream *Abramis brama* L. // Stud. Soc. sci. torun. 1966. Vol. 8, N 2.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 597:591.1.5

В. В. Кузьмина

ВЛИЯНИЕ ПРЕМИКСА СФ-1 НА АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ГИДРОЛАЗ КАРПА (IN VITRO)

Premix SP-1 modifies the common proteolytic and common amylolytic activity of carp mucosa in vitro. Effect of this substance is more distinct in case of proteases than in case of carbohydrases. Also effect of the premix depend on cellulose, oil and other food components.

Цель работы – изучение влияния различных модификаций СФ-1 на активность пищеварительных гидролаз слизистой кишечника карпа в опытах in vitro. Для определения уровня ферментативной активности использовали слизистую оболочку кишечника карпов двухлеток. Общую амилолитическую активность определяли по методу Нельсона в модификации Уголева и Иезуитовой [6], общую протеолитическую активность – по методу Ансона в нашей модификации [4]. В качестве субстратов использовали растворы растворимого крахмала (1.8%)

Таблица 1

Влияние 0.1 %-ного раствора СФ-1 на общую протеолитическую активность слизистой кишечника карпа, мкмоль/(г·мин)

Препарат	1-й опыт	t_{st}	2-й опыт	t_{st}	3-й опыт	t_{st}
Контрольный	3.03 ± 0.49 (100)	0.56	2.10 ± 0.65 (100)	0.98	1.60 ± 0.53 (100)	0.66
Опытный	3.33 ± 0.36 (109.9)		2.72 ± 0.24 (129.5)		2.09 ± 0.60 (130.6)	

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 $n = 3$ или 4; приведены среднее арифметическое и ошибка среднего; в скобках — соотношение уровня ферментативной активности у опытных и контрольных рыб, %.

и казеина (1 %), приготовленные на растворе Рингера, pH 7.4. Инкубацию ферментативно-активного препарата и субстрата проводили в течение 30 мин при температуре 20 и 37 °C для карбогидраз и протеаз соответственно. В качестве модификаторов ферментативной активности использовали растительное (подсолнечное) масло, адсорбенты (фильтровальная бумага), различные формы неполярного растворителя СФ-1, приготовленного на растительном масле (премикс₁ и премикс₂). Полученные данные обработаны статистически по стандартным программам на ЭВМ MERA CAMAC 125 SM/4A.

В первой серии экспериментов исследовали влияние СФ-1 на уровень общей протеолитической и общей амилалитической активности слизистой кишечника карпов. Результаты 3 опытов по влиянию СФ-1 (премикс₁) на суммарную активность протеиназ слизистой кишечника карпов приведены в табл. 1. В качестве контроля служили пробы, содержащие 0.1 % растительного масла. До инкубации ферментативно-активных препаратов и субстрата (казеин, крахмал) последний в течение 30 мин перемешивали на магнитной мешалке с растительным маслом (контроль) или СФ-1 (опыт). Затем в течение 30 мин проводили инкубацию гомогенатов слизистой и аликвоты субстратов (1 : 1).

Несмотря на разный уровень активности протеиназ в проводимых опытах, во всех случаях наблюдалось недостоверное увеличение общей протеолитической активности в присутствии премикса. Кроме того, следует отметить тенденцию к увеличению его положительного эффекта по мере уменьшения уровня ферментативной активности в контроле. Влияния СФ-1 на активность карбогидраз в аналогичных условиях не обнаружено. В первом опыте уровень ферментативной активности соответствовал (16.6 ± 0.01) и (16.7 ± 0.11) мкмоль/мин, во втором — (13.6 ± 0.07) и (14.4 ± 0.03) мкмоль/мин у контрольных и опытных рыб соответственно.

Поскольку в комбикормах доминируют твердые субстанции углеводной природы, которые могут служить адсорбентами для ферментов и субстратов, было проведено несколько серий опытов по выяснению степени влияния носителей углеводной природы на активность

**Влияние премикса СФ-1 на общую протеолитическую активность
слизистой кишечника карпа в присутствии 0.5 % целлюлозы, мкмоль/мин**

Номер опыта	Препарат	Активность протеиназ	t _{st}
1	Гомогенат + субстрат + р-р Рингера	$\frac{4.93 \pm 0.24}{4.44-5.18}$ (100)	—
2	Гомогенат + субстрат + р-р Рингера + целлюлоза	$\frac{4.26 \pm 0.12}{4.07-4.44}$ (86.4)	2.52
3	Гомогенат + субстрат + целлюлоза + масло	$\frac{3.58 \pm 0.53}{2.59-4.26}$ (72.6)	1.76
4	Гомогенат + субстрат + целлюлоза + премикс ₁	$\frac{3.70 \pm 0.65}{2.96-5.00}$ (75.0)	2.40
5	Гомогенат + субстрат + масло	$\frac{3.03 \pm 0.49}{2.41-3.89}$ (61.5)	3.75
6	Гомогенат + субстрат + премикс ₁	$\frac{3.33 \pm 0.36}{2.78-3.89}$ (67.5)	3.96

Примечание. Над чертой — среднее арифметическое и ошибка среднего, под чертой — амплитуда колебания.

пищеварительных гидролаз. В первой серии опытов исследовали влияние СФ-1 (премикс₁) и растительного масла в присутствии целлюлозы (фильтровальная бумага) на активность протеиназ слизистой оболочки кишечника карпа (табл. 2).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что и целлюлоза, и растительное масло, в котором растворяется препарат СФ-1, снижают уровень общей протеолитической активности. При этом, однако, эффект масла в отсутствие целлюлозы значительнее: различия между опытом (5) и контролем (1) достоверны ($P < 0.02$). Данные, касающиеся влияния целлюлозы и совместного воздействия масла на активность протеиназ, хорошо согласуются с результатами исследования влияния жира трибутина на активность различных карбогидраз и пептидаз. У всех исследованных животных (рыбы, птицы, млекопитающие) трибутин вызывал значительное снижение (30–50 %) уровня ферментативной активности [1, 3, 5 и др.]. В приведенных опытах торможение общей протеолитической активности под влиянием растительного масла достигало 38.5, целлюлозы — 13.6, масла и целлюлозы — 27.4 %. Добавки премикса (6) вызывали достоверное снижение активности протеиназ ($P < 0.02$). При этом СФ-1 несколько уменьшал ингибирующий эффект подсолнечного масла, особенно в присутствии целлюлозы (3). Так, в присутствии целлюлозы торможение составляло 25, в отсутствие — 32.6 %.

Таким образом, результаты опытов *in vitro* продемонстрировали

Таблица 3

Влияние различных препаратов премикса СФ-1 на уровень активности пищеварительных гидролаз в присутствии комбикорма, не содержащего премикс

Препарат	Общая амилолитическая активность, мкмоль/(г · мин)	t_{st}	Общая протеолитическая активность, мкмоль/(г · мин)	t_{st}
Субстрат + р-р Рингера + гомогенат	10.1 ± 0.3 (36.6) 3.7 ± 0.7	8.81	1.30 ± 0.24 (247.0) 3.21 ± 0.25	6.20
Субстрат + премикс ₁ + гомогенат	8.8 ± 0.3 (70.5) 6.2 ± 2.0	2.04	0.74 ± 0.18 (83.8) 0.62 ± 0.24	0.44
Субстрат + премикс ₂ + гомогенат	9.9 ± 0.3 (52.3) 5.2 ± 0.7	6.74	0.80 ± 0.24 (162.5) 1.30 ± 0.47	0.95
Субстрат + премикс ₃ + гомогенат	9.4 ± 0.3 (62.8) 5.9 ± 0.8	4.11	0.81 ± 0.12 (206.2) 1.67 ± 0.59	1.57

Примечание. Цифры над чертой — активность препаратов, не содержащих комбикорм (контроль), под чертой — то же, содержащих комбикорм (опыт). Премикс₃ — препарат премикс₁, находящийся в холодильнике в течение года.

возможность прямого влияния премикса СФ-1 на активность пищеварительных гидролаз. Увеличение активности ферментов, а также больший эффект 0.1 %-ных растворов премикса в системах, отличающихся наиболее низким уровнем ферментативной активности, дают возможность предположить воздействие препарата на фермент-субстратные отношения. Заслуживает внимания также разная степень воздействия СФ-1 на систему карбогидраз в опытах *in vitro* и в описанных ранее опытах *in vivo* (см. ст. наст. сб., с. 50–56). По всей вероятности, различия обусловлены разной реакционной способностью ферментов этой группы в условиях поликомпонентных (*in vivo*), и редуцированных (*in vitro*) систем.

Поскольку известно, что в состав комбикорма входит значительное количество углеводов, находящихся в полимерной форме (клетчатка), задача следующей серии опытов состояла в сопоставлении влияния вышеуказанных препаратов на уровень ферментативной активности в присутствии комбикорма (4 %).

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что в присутствии комбикорма уровень общей амилолитической активности в большинстве случаев достоверно ($P < 0.01$) снижается. При этом степень торможения связана с составом препарата СФ-1: наименьшее (статистически недостоверное) торможение наблюдается в присутствии премикса₁, наибольшее — премикса₂ ($P < 0.01$). Вместе с тем в отсутствие детергента активность ферментов снижается почти на 2/3 ($P < 0.001$). Иными словами, все без исключения исследованные препараты СФ-1

нивелируют ингибиторный эффект комбикорма. Учитывая высокое содержание углеводов в комбикормах, можно предположить участие в этом процессе механизма ретроингибирования низкомолекулярными углеводами.

Активность протеиназ в присутствии комбикорма, напротив, в большинстве случаев возрастает. При этом оказывается, что статистически достоверная стимуляция (+147.0 %, $P < 0.01$) наблюдается лишь в отсутствие премикса. В присутствии СФ-1 степень изменения активности протеиназ значительно варьирует (слабое ингибирование при использовании премикса₁, последовательное нарастание стимулирующего эффекта при использовании препаратов премикс₂ и премикс₃).

Влияние премикса на изменение уровня активности различных ферментов в присутствии комбикорма значительнее по сравнению с препаратами, содержащими премикс и химически чистый субстрат соответствующей реакции. В последнем случае уровень общей амилолитической активности снижается незначительно (менее чем в 1.5 раза), общей протеолитической активности – в 1.6–1.8 раза. В то время как при наличии комбикорма и премикса уровень общей амилолитической активности увеличивается в 1.4–1.7 раза, уровень общей протеолитической активности уменьшается в 1.9–5.2 раза. Эти данные показывают, что в системе, не содержащей комбикорм, различные препараты премикса СФ-1 практически не влияют на активность карбогидраз и существенно снижают активность протеиназ. В системе, содержащей комбикорм, под влиянием премикса наблюдается недостоверное увеличение активности карбогидраз и резкое снижение активности протеиназ, достоверное в случае премикса₁ ($P < 0.05$) и премикса₂ ($P < 0.001$).

Проведенные эксперименты также свидетельствуют о том, что скорость гидролиза биополимеров в значительной мере зависит от химической природы различных компонентов пищевой смеси. При этом в процессе их взаимодействия возникают сложные взаимоотношения субстратов различных энзиматических реакций, которые могут усиливать или снижать эффект тех или иных ингредиентов. В частности показано, что препарат премикс₁ снижает активность протеаз. Растительное масло оказывает еще большее ингибирующее влияние – премикс, растворенный в этом масле, частично снимает эффект торможения, наблюдавшийся в присутствии жира. Указанный феномен значительно уменьшается при введении в систему целлюлозы.

Таким образом, в процессе гидролиза биополимеров возникают сложные взаимоотношения ферментов и различных пищевых субстратов. Наличие препаратов СФ-1 значительно модифицирует активность ферментов, обеспечивающих гидролиз белковых и углеводных компонентов корма. Характер эффекта (стимуляция, торможение) в значительной мере зависит от исходного уровня активности тех или иных ферментов, а также состава пищевой смеси. Вследствие этого при составлении кормовых смесей и внесении премиксов необходимо

учитывать условия взаимодействия ферментов и различных компонентов пищевой смеси, имея в виду, что целлюлоза ингибирует активность гидролаз, а препараты СФ-1 снижают ее ингибирующий эффект. Последнее, несомненно, увеличивает эффективность процессов пищеварения у карпа. Наши предыдущие исследования [2, 3] показывают, что модификаторные эффекты одних и тех же пищевых компонентов на активность пищеварительных гидролаз у рыб разных видов могут быть различными. Следовательно, при разработке кормов необходимо предварительное исследование влияния премиксов на активность пищеварительных ферментов рыб.

Литература

1. Гредин В. Г. Сравнительная характеристика каталитических и регуляторных свойств различных ферментов, осуществляющих мембранное пищеварение у млекопитающих и рыб при экспериментальной патологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1977.
2. Кузьмина В. В. Общие закономерности мембранного пищеварения у рыб и его адаптивные перестройки: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Л., 1986.
3. Кузьмина В. В. Регуляторные свойства ферментов, обеспечивающих процессы мембранного пищеварения у рыб // Журн. общ. биологии. 1987. Т. 48, № 6.
4. Кузьмина В. В., Егорова С. Д. Морфофизиологическая характеристика щуки и леща на ранних этапах онтогенеза (размерно-весовой рост, содержание белка и активность протеаз). Борок, 1988. 50 с. Деп. в ВИНТИ 14.01.88, № 319-В-88 деп.
5. Уголев А. М. Мембранное пищеварение: Полисубстратные процессы, организация и регуляция. Л., 1972.
6. Уголев А. М., Иезуитова Н. Н. Определение активности инвертазы и других дисахаридаз // Исследование пищеварительного аппарата у человека. Л., 1969.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 597.591.1.5

В. В. Кузьмина, В. В. Халько, И. Л. Голованова, Н. И. Комова

ВЛИЯНИЕ ПРЕМИКСА СФ-1 НА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ФУНКЦИИ КАРПА

Premix SP-1 increase the activity of some digestive hydrolases and the intensity of glucose transport in fish on 20–25 % in the chronical experiments. This premix don't change the lipid composition of enterocyte membranes, but it may influence the process of the emulsify of fat.

Как установлено предыдущими исследованиями, добавление в комбикорма премикса СФ-1 приводит к увеличению перевариваемости корма у карпа на 20 % и способствует снижению затрат корма на прирост на 20–30 % [2, 3, 6].

**Биохимический состав слизистой кишечника карпов,
получавших разные корма**

Показатель	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	t_{st}
Содержание воды, %	86.2 ± 0.6	1.75	2.05
	84.6 ± 0.5	1.56	
Содержание белка, % сырого вещества	11.2 ± 0.5	1.53	0.94
	11.8 ± 0.4	1.17	
Содержание липидов, % сырого вещества	2.6 ± 0.1	0.44	4.47
	3.6 ± 0.2	0.72	
Содержание белка, % сухого вещества	79.7 ± 1.1	3.56	1.99
	76.6 ± 1.1	3.63	
Содержание липидов, % сухого вещества	19.3 ± 1.1	3.56	1.99
	23.4 ± 1.1	3.63	

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 над чертой — контрольный корм, под чертой — корм с добавкой премикса СФ-1, $n = 10$.

Цель работы — исследование активности основных групп ферментов, участвующих в гидролизе белковых и углеводных компонентов корма при длительном (месяц) кормлении карпа комбикормами, содержащими СФ-1 (неполярный растворитель пищевого назначения), изучение интенсивности аккумуляции нутриентов (на примере глюкозы), липидного состава слизистой кишечника и биохимического состава различных тканей рыб.

Работа проведена на карпах двух размерно-возрастных групп, содержащихся в аквариумах. В первой серии опытов размер контрольных рыб соответствовал (27.3 ± 1.3) см, масса (408.5 ± 47.4) г, опытных — (28.1 ± 1.0) см и (460.5 ± 41.0) г соответственно. Во второй серии опытов размер тех и других был одинаков — (9.1 ± 0.5 и 9.1 ± 0.4) см. Масса контрольных рыб несколько выше, чем опытных: (23.4 ± 3.6) и (21.8 ± 4.0) г соответственно. Рыб в течение месяца кормили ad libitum комбикормом. Опытный корм отличался от контрольного содержанием 0.1 % премикса СФ-1.

Кишечники изымали на холоде. В первой серии опытов проксимальный участок кишечника (до первой петли) сразу отсекали для проведения экспериментов по исследованию транспортных процессов, оцениваемых по интенсивности аккумуляции глюкозы. Концентрацию накопленной глюкозы определяли по методу Нельсона в модификации Уголева и Иезуитовой [4]. Слизистую дистального отдела (от последней петли до анального отверстия) использовали для определения ее биохимического состава (содержание воды, сухое обезжиренное вещество, липиды и количественное определение различных

Таблица 2

Содержание липидных компонентов в слизистой кишечника карпов, получающих разные корма

Показатель	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	t_{st}	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	t_{st}
	% сырого вещества			% сухого вещества		
Фосфолипиды	1.43 ± 0.12	0.38	0	10.29 ± 0.70	2.20	1.03
	1.43 ± 0.10	0.33		9.33 ± 0.62	1.97	
Свободный холестерин	0.31 ± 0.03	0.09	0.47	2.23 ± 0.16	0.52	1.64
	0.29 ± 0.03	0.09		1.87 ± 0.15	0.47	
Триацилглицерины	0.90 ± 0.17	0.53	3.37	6.65 ± 1.26	3.97	2.83
	1.89 ± 0.24	0.76		12.16 ± 1.48	4.68	
Эфиры холестерина	0.013 ± 0.002	0.005	0.55	0.09 ± 0.01	0.04	0.32
	0.015 ± 0.003	0.010		0.10 ± 0.03	0.08	
Лизофосфатидилхолин	0.039 ± 0.016	0.05	0.39	0.27 ± 0.12	0.38	0.21
	0.047 ± 0.013	0.04		0.30 ± 0.08	0.25	
Сфингомиелин	0.09 ± 0.01	0.01	1.58	0.67 ± 0.09	0.30	1.63
	0.14 ± 0.03	0.08		0.92 ± 0.16	0.49	
Лизофосфатидилэтанол-амин	0.10 ± 0.03	0.10	1.41	0.71 ± 0.22	0.71	1.69
	0.04 ± 0.03	0.08		0.25 ± 0.16	0.50	
Фосфатидилхолин	0.69 ± 0.05	0.17	0.16	5.02 ± 0.32	1.00	1.32
	0.68 ± 0.04	0.13		4.46 ± 0.28	0.89	
Фосфатидилэтанол-амин	0.39 ± 0.04	0.12	0.18	2.76 ± 0.22	0.69	0.55
	0.40 ± 0.04	0.14		2.57 ± 0.27	0.84	
Неидентифицированный фосфолипид	0.05 ± 0.02	0.05	0.55	0.33 ± 0.12	0.37	0.75
	0.07 ± 0.03	0.08		0.48 ± 0.16	0.50	
Кардиолипид	0.077 ± 0.038	0.12	0.49	0.54 ± 0.27	0.84	0.60
	0.057 ± 0.016	0.05		0.37 ± 0.09	0.30	

липидных компонентов). Экстрагированные и очищенные от примесей липиды разделяли на основные классы методом одномерной тонкослойной хроматографии с последующим количественным анализом [5]. Оставшуюся часть кишки, условно названную медиальным отделом, использовали для определения уровня активности ферментов (методы описаны ранее [1]). Во второй серии опытов помимо этого определяли концентрацию белка в тканях методом Лоури и соавторов [8], количество жира – по методу Фолча в модификации Блая и Дайера [7]. Полученные данные обработаны статистически по стандартным программам на ЭВМ MERA CAMAC 125 SM/4A.

В первой серии опытов биохимический состав слизистой кишечника у рыб, получавших добавки премикса, как правило, незначительно

**Активность пищеварительных ферментов в слизистой кишечника
и интенсивность аккумуляции глюкозы у карпов, получающих разные корма**

Показатель	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	min—max	σ	CV	t_{st}
Общая протеолитическая активность, мкмоль/(г·мин) (рН 3,8)	2.16 ± 0.33	$0.74-4.08$	1.41	65.16	0.54
	2.91 ± 0.46	$0.37-5.0$	1.74	59.66	
Общая протеолитическая активность, мкмоль/(г·мин) (рН 7,4)	7.43 ± 1.27	$1.40-12.50$	4.03	54.24	1.05
	8.33 ± 1.09	$2.69-11.80$	3.47	41.64	
Общая амилалитическая активность, мкмоль/(г·мин)	42.41 ± 5.38	$24.00-73.70$	17.02	40.14	1.35
	55.63 ± 8.22	$23.50-90.80$	26.00	46.74	
α -амилаза, мг/(г·мин)	101.7 ± 24.3	$42.1-215.6$	59.5	58.6	1.06
	136.2 ± 20.5	$68.9-191.9$	52.9	38.8	
Сахараза, мкмоль/(г·мин)	4.87 ± 0.43	$2.52-6.71$	1.37	28.33	0.56
	5.16 ± 0.23	$4.19-6.53$	0.74	14.38	
Аккумуляция глюкозы, ммоль	6.07 ± 0.37	$4.46-8.90$	1.19	19.56	3.29
	8.31 ± 0.57	$6.38-11.70$	1.79	21.58	

отличался от такового контрольных рыб (табл. 1). У опытных рыб содержание воды несколько уменьшалось, а содержание липидов увеличивалось, однако лишь в последнем случае при расчете на сырое вещество различия были статистически достоверными ($P < 0.001$).

Поскольку структура и функции различных липидных компонентов различны, их индивидуальное содержание определяли в слизистой в расчете на сырую и сухую массу ткани (табл. 2). Сопоставление приведенных данных свидетельствует о сходстве качественного и количественного составов липидов у контрольных и опытных рыб. Исключение составляет содержание триацилглицеринов, уровень которых в слизистой кишечника опытных рыб достоверно превышает таковой у контрольных ($P < 0.05$).

Данные по уровню активности основных групп ферментов, обеспечивающих гидролиз белковых и углеводных компонентов корма, представлены в табл. 3. Средние значения активности всех исследованных ферментов опытной группы рыб несколько выше контрольных, а вариабельность исследованных показателей в большинстве случаев ниже. При этом величина общей протеолитической активности в зоне кислых значений рН у контрольных рыб составляет 74.2 % от активности у опытных рыб, в зоне щелочных значений – 89.2 %, общей амилалитической активности, α -амилазы и сахаразы – 76.3, 74.7 и 94.3 % соответственно. Эти данные свидетельствуют о том, что активность щелочных протеиназ (преимущественно трипсин и химотрипсин)

Таблица 4

**Содержание энергетических компонентов в некоторых тканях
и содержимом кишечника карпа**

Показатель	$\bar{x} \pm m\bar{x}$, опыт (n = 14)	$\bar{x} \pm m\bar{x}$, контроль (n = 16)
Мышцы		
Сухое вещество, %	18.4 \pm 1.3	18.2 \pm 0.9
Белок, г/100 г сырой массы ткани	26.7 \pm 1.2	24.1 \pm 1.3
Жир, г/100 г сырой массы ткани	2.3 \pm 0.2	2.3 \pm 0.2
Печень		
Белок, г/100 г сырой массы ткани	18.2 \pm 1.7	16.8 \pm 1.3
Жир, г/100 г сырой массы ткани	8.0 \pm 0.9	6.3 \pm 0.9
Углеводы, мг/100 г сырой массы ткани	9.1 \pm 0.8	8.3 \pm 0.7
Слизистая кишечника		
Белок, г/100 г сырой массы ткани	12.2 \pm 0.7	13.4 \pm 1.3
Жир, г/100 г сырой массы ткани	7.8*	5.7*
Углеводы, мг/100 г сырой массы ткани	0.9 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1
Химус		
Углеводы, мг/100 г сырой массы ткани	1.7 \pm 0.4	1.7 \pm 0.2

* Анализировали суммарную пробу слизистой кишечника рыб.

увеличивается на 11, кислых – на 29 %. Наибольший прирост активности карбогидраз достигается за счет α -амилазы (26 %). Активность сахаразы увеличивается лишь на 6 %. Определение интенсивности аккумуляции глюкозы позволило выявить достоверное ($P < 0.01$) увеличение этого показателя у рыб, получающих с кормом добавки премикса.

Во второй серии опытов при исследовании морфометрических характеристик висцеральных органов карпов достоверного влияния СФ-1 не установлено. Однако заслуживает внимания увеличение массы слизистой у опытных рыб на 15 % по сравнению с контрольными. При анализе содержания энергетических компонентов статистически достоверных различий также не выявлено (табл. 4). Содержание липидов в слизистой и печени опытных рыб несколько выше, чем у контрольных – на 36 и 26 % соответственно. Значимых изменений уровня активности различных пищеварительных ферментов ни в одной из исследованных тканей не обнаружено (табл. 5). При этом как и в первой серии опытов активность α -амилазы в слизистой кишечника опытных рыб превышает таковую контрольных на 26 %.

Таким образом, препарат СФ-1, как правило, не влияет на качественный и количественный состав тканей рыб, а также на большинство характеристик пищеварительных процессов, происходящих в кишечнике карпа. Однако выявленные нами устойчивые тенденции

**Активность пищеварительных гидролаз
в кишечнике и печени карпа**

Показатель	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}},$ опыт ($n = 14$)	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}},$ контроль ($n = 16$)
Слизистая кишечника		
Общая протеолитическая активность, мкмоль/мин	1.7 ± 0.3	1.8 ± 0.6
Общая амилалитическая активность, мкмоль/мин	22.9 ± 2.3	22.6 ± 2.4
Активность сахаразы, мкмоль/мин	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.1
Активность α -амилазы, мг/мин	260.5 ± 17.8	265.0 ± 23.6
Содержимое кишечника		
Общая протеолитическая активность, мкмоль/мин	5.9 ± 0.8	5.2 ± 0.6
Общая амилалитическая активность, мкмоль/мин	29.8 ± 3.7	26.2 ± 2.1
Активность α -амилазы, мг/мин	326.0 ± 68.6	258.9 ± 44.7
Печень		
Общая протеолитическая активность, мкмоль/мин	7.0 ± 0.9	6.5 ± 0.9
Общая амилалитическая активность, мкмоль/мин	26.8 ± 2.7	27.1 ± 3.3
Активность α -амилазы, мг/мин	589.4 ± 80.0	669.7 ± 84.1

в изменении уровня активности ряда ферментов и достоверное увеличение интенсивности транспорта углеводов свидетельствуют об улучшении пищеварительно-резорбтивных функций карпа под влиянием добавок СФ-1. При этом увеличение активности пищеварительных гидролаз, обеспечивающих начальные этапы деполимеризации углеводов, равно как и внутриклеточный гидролиз белковых компонентов пищи (до 26–29 %), представляются существенными и согласуются с ранее полученными данными об увеличении перевариваемости корма, содержащего этот премикс [2, 3, 6].

Данные о липидном составе слизистой не позволяют однозначно судить об изменении проницаемости мембран эритроцитов. Хотя наблюдаются некоторое уменьшение количества фосфолипидов, отличающихся ненасыщенностью жирных кислот, и холестерина, а также увеличение относительного количества сфингомиелина, характеризующегося наибольшей насыщенностью жирнокислотного состава, значительно лишь увеличение количества триацилглицеринов и общего содержания липидов, отмеченное в обеих сериях опытов. Последнее может быть результатом прямого влияния СФ-1 на эмульгирование

жиров и повышенную их абсорбцию, а также на метаболизм в этой ткани. По всей вероятности, обнаруженное ранее снижение затрат корма на прирост рыб связано с увеличением активности пищеварительных гидролаз, интенсивности транспортных процессов и степени эмульгирования жиров, которые в совокупности способствуют улучшению процессов ассимиляции пищи. Большие изменения в системе карбогидраз, отмеченные в хронических экспериментах, могут быть обусловлены значительной ролью углеводов в питании и регуляции пищевого поведения карпа.

Литература

1. Кузьмина В. В. Внутрипопуляционная изменчивость гидролитических функций пищеварительной системы леща на личиночном и мальковом этапах развития // Структура локальной популяции у пресноводных рыб. Рыбинск, 1990.
2. Кузьмина В. В., Щербина М. А., Линник Н. В., Кочеткова А. А., Голованова И. Л., Халько В. В. Некоторые аспекты регулирования пищеварительно-транспортных функций у карпа // II Симпоз. по экол. биохимии рыб: Тез. докл. Ростов Великий, 1990.
3. Линник Н. В. Изменения в обмене веществ у карпов в результате повышения переваримости корма // VII Всесоюз. конф. по экол. физиологии и биохимии рыб: Тез. докл. Ярославль, 1989.
4. Уголев А. М., Иезуитова Н. Н. Определение активности инвертазы и других дисахаридаз // Исследование пищеварительного аппарата у человека. Обзор современных методов. Л., 1969.
5. Халько В. В. Дифференциация самцов леща во время нерестового хода в притоки Рыбинского водохранилища по биохимическим признакам // Структура локальной популяции у пресноводных рыб. Рыбинск, 1990.
6. Щербина М. А., Линник Н. В., Столярова Т. Г., Кочеткова А. А., Нечаев А. И., Баскаева А. Е., Фишпилевич Е. Ю. Способ получения корма для рыб. А. с. 1550650, СССР (1989).
7. Bligh E. G., Dyer W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification // Canad. J. Biochem. and Physiol. 1959. Vol. 37.
8. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., Randall R. J. Protein measurement with the Folin phenol-reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 556.555.7 + 574.5 + 550.43

М. В. Мартынова, Р. Н. Мурогова

КИСЛОРОД В ВОДЕ И ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА САВЕЛЬЕВСКОЕ

In the upper layer of sapropel of highly productive lake with well aerated waters near bottom and intensive gas emission from the bottom a high content of O_2 (up to 17 % of gas perflation) has been found. The dependence of a content of O_2 in buttles emitted from the sediments, on velocity of gass emission has been established.

Цель работы – выявление особенностей распределения кислорода в воде и донных отложениях высокотрофного озера. Отбор проб производили в августе 1990 г. на 5 станциях с глубинами 1.7–7.0 м, в 1991 г. – на 12 станциях, равномерно распределенных по площади озера, в диапазоне глубин от 1.3 до 6.0 м. Пробы воды для определения содержания кислорода по Винклеру отбирали батометром Рутнера, а из придонного слоя (0–10 см от дна) – специальным пробоотборником, позволяющим получать в стеклянных трубках диаметром 34 мм колонку ила с прилегающим к ней столбом воды. Воду, предназначенную для хроматографического определения N_2 , CO_2 и CH_4 , отбирали из полуметрового придонного слоя с помощью бутылочного батометра. Донные отложения извлекали дночерпателем Экмана–Берджа, из которого (после сливания воды) верхние 2–3 см ила помещали в стеклянные банки и тут же заливали насыщенным раствором NaCl; банки закупоривали консервными крышками. Пузырьковый газ собирали в бутылки с водяным затвором с помощью воронки диаметром 0.5 м, установленной примерно в 20 см от дна. Все пробы хранили в холодильнике и не позже чем через 3 сут с момента отбора отправляли в лабораторию для вакуумного дегазирования и хроматографического анализа. Использованный способ отбора проб донных отложений для определения содержания O_2 не является безукоризненным (при заполнении банки попадание O_2 в илы неизбежно), однако, как будет видно из дальнейшего изложения, дает постоянную, притом небольшую ошибку.

Оз. Савельевское – небольшой ($S_{\text{зерк}} = 0.48 \text{ км}^2$, $H_{\text{max}} = 7\text{--}8 \text{ м}$, $h_{\text{ср}} = 2\text{--}3 \text{ м}$) высокопродуктивный водоем, эпизодически обследовавшийся сотрудниками ИБВВ РАН [4, 5, 8]. В конце 70-х годов на берегу озера была построена ферма на 150 голов крупного рогатого скота, стоки с которой в течение 10 лет поступали в озеро (в 1989 г. ферма прекратила свое существование). За это время трофический статус озера резко возрос, о чем свидетельствует изменение ряда характеристик. Прозрачность воды упала с 0.6 м в 1974 г. [4] до 0.27–0.37 м в 1991 г., более чем в 3 раза повысилась продукция фитопланктона (с 1 [5] до 3–4 $\text{мгС}/(\text{л} \cdot \text{сут})$). Изменился состав органического вещества верхних слоев отложений: увеличилось содержание N и P и резко уменьшилась величина $C_{\text{орг}}/P_{\text{орг}}$ (табл. 1). Сильно возросло содержание неапатитового фосфора ($P_{\text{неап}}$) в илах, его послойное распределение стало близко к характерному для высокотрофных водоемов [6].

В ходе наблюдений концентрация O_2 в поверхностной воде изменялась от 86 до 126 % насыщения. Ее пространственные колебания контролировались активностью ветрового перемешивания вод, густотой зарастания высшей водной растительностью (в прибрежной зоне) и увеличением фотосинтеза. Влияние высшей водной растительности прослеживается по изменению концентрации кислорода в прибрежной зоне от 7.41 (в зарослях кубышки и гречихи земноводной) и 7.64 (вблизи зарослей тростника) до 10.8 мг/л в районе открытой акватории. На рост фотосинтеза с 10 по 14 июля указывает уменьшение прозрачности

Таблица 1

Содержание биогенных элементов в донных отложениях озера

Глубина отбора проб, м	Слой ила, см	Органическое вещество	N (по Кьельдалю)	P _{орг}	С _{орг}	С _{орг}	P _{неап} , мг/100 г сухого ила
		% от сухого ила			N (по Кьельдалю)	P _{орг}	
1.5	0—2	60.6	2.63	0.19	11.5	150	380
4.5	0—2	59.4	3.24	0.24	9.2	124	846
4.5	2—5	58.4	3.15	0.20	9.3	146	545
4.5	5—10	54.2	2.80	0.05	9.7	542	335
4.5	10—15	49.5	1.96	0.06	12.6	412	—
7.0	0—2	59.4	3.00	0.26	9.9	114	—
7.0	2—5	52.8	2.45	0.23	10.8	115	395
7.0	5—10	51.6	2.56	0.17	10.1	152	408
7.0	10—15	58.3	2.80	0.09	10.4	324	—

Примечание. Величина С_{орг} принята равной 0.5 содержания органического вещества.

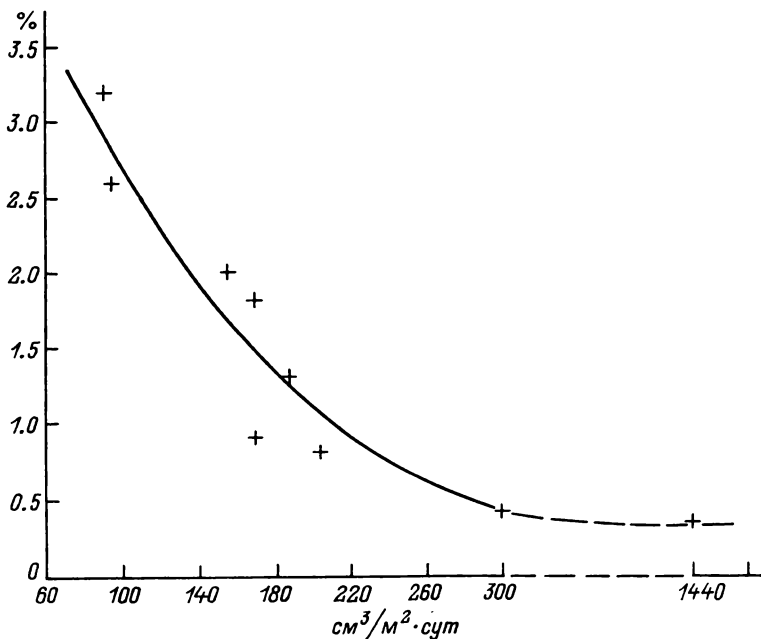
воды в этот период с 0.33 до 0.28 м (проведение работ в штилевую погоду позволяло с точностью до 1 см зафиксировать этот показатель). Характерна неизменность прозрачности воды на разных станциях открытой акватории, являющаяся, по-видимому, свойством небольшого высокопродуктивного цветного озера с хорошим ветровым перемешиванием вод.

Концентрация растворенного O₂ в придонной воде на глубинах до 3.5 м колебалась в пределах 72–113 % насыщения, глубже убывая до 8.3 %. Ее увеличение до 22 % насыщения на глубине 6 м вызвано, вероятно, усилением вертикального перемешивания вод конвективными токами вследствие резко возросшего газоотделения со дна. Неоднородность пространственного распределения концентраций O₂

Таблица 2

Содержание кислорода в озере Савельевском

Исследуемая среда	Содержание кислорода			σ, %
	максимальное	минимальное	среднее	
Вода, мг/л:				
поверхность	10.9	7.4	9.5	25
дно (0—10 см)	9.8	0.8	7.0	41
Отложения (0—2 см), % объема газов	16.8	8.0	12.9	18
Пузырьковый газ, % объема газов	3.2	0.3	1.4	68



Зависимость содержания O_2 в пузырьковом газе от скорости газоотделения со дна.

в придонной воде до глубины 3.5 м близка к таковой для поверхностных вод и характеризуется величиной $\sigma = 23\%$. С учетом более глубоких зон озера она резко возрастает (табл. 2).

Отложения оз. Савельевского имеют очень жидкую консистенцию, характеризуются высоким содержанием органического вещества, легко взмучиваются. Верхние слои представлены детритными илами (естественная влажность около 96%), органическое вещество которых преимущественно планктонного происхождения. Ранее были распространены торфянистые илы [7]. Литературные данные о содержании O_2 в озерных отложениях нам неизвестны. В морских осадках, по данным измерений с помощью микроэлектродов, концентрация O_2 на глубине 0.5 мм составляет 3 мг/л, 1 мм – 1.88 мг/л (при отсутствии взмучивания отложений) [9]. Глубина проникновения O_2 в морские отложения не превышает 5 мм [10].

В нашем случае высокое содержание O_2 обнаружено в верхних 2–3 см отложений. Присутствие здесь множества зеленых клеток водорослей позволяет предположить, что это – результат жизнедеятельности фитобентоса. Известно, что его продукция иногда сопоставима с продукцией фитопланктона [3], а глубина распространения продуцирующих водорослей может достигать уровней, где интенсивность радиации составляет 9 [2] и даже менее 3% [11] от падающей на поверхность. В оз. Савельевском активная жизнедеятельность фитобентоса может поддерживаться процессами взмучивания илов, в результате

которого водорослевые клетки периодически попадают в более освещенные слои воды.

Высокая концентрация O_2 в верхних слоях ила может быть следствием его продуцирования в условиях, неравновесных с атмосферой. Полученный результат подтверждается следующими фактами: отсутствием H_2S в составе газов, хорошей корреляцией пространственных колебаний содержания O_2 в илах с другими независимо полученными характеристиками среды – температурой ила ($r = 0.73 \pm 0.10$), глубиной озера ($r = -0.61 \pm 0.18$), концентрациями в воде CH_4 ($r = -0.68 \pm 0.11$), CO_2 ($r = -0.58 \pm 0.19$) и O_2 ($r = 0.52 \pm 0.21$), а также скоростью газоотделения со дна ($r = -0.59 \pm 0.19$). Высокий уровень связи содержания O_2 в илах с температурой говорит о том, что она несет самостоятельную нагрузку, обусловленную усилением продуцирования O_2 с ростом температуры. Положительная связь с концентрацией растворенного кислорода в воде указывает на существование обмена кислородом в системе вода–донные отложения.

Содержание кислорода в пузырьковом газе невелико, а колебания его мало отличаются от наблюдавшихся ранее [1]. Согласно Россолимо [7], присутствие O_2 в газе, выделяющемся со дна – следствие проникновения его в пузырек (с нулевым парциальным давлением O_2) из воды, слой которой он проходит прежде чем попасть в пробоотборник; при этом концентрация O_2 в пузырьке не может превышать 4 %. В данном случае положительная связь концентрации кислорода в пузырьковом газе с содержанием его в иле ($r = 0.72 \pm 0.12$) при одновременной отрицательной связи содержания кислорода со скоростью газоотделения со дна ($r = -0.59 \pm 0.19$) подтверждает (см. рисунок) предположение о том, что кислород попадает в пузырьковый газ из отложений. Если принять, что в течение некоторого промежутка времени содержание O_2 в илах на глубинах до 2.5 м остается постоянным, то в первом приближении интенсивность его продуцирования будет равна скорости выделения со дна и составит $0.6\text{--}3.0 \text{ см}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, $(0.8\text{--}4.3 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут}))$, что на три порядка ниже интенсивности продуцирования O_2 фитопланктоном в этом озере.

Литература

1. Акимов В. А. Выделение свободного азота при анаэробном распаде органического вещества в прудах // Сб. по прудовому рыбоводству. М., 1969.
2. Владимиров К. Л. Первичная продукция донных фитомикроценозов Киевского водохранилища // Киевское водохранилище. Киев, 1972.
3. Девяткин В. Г. Интенсивность фотосинтеза микрофитобентоса Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1983. № 61.
4. Кузьмичев А. И., Экзерцев В. А., Лисицына Л. И., Довбня И. В., Трусев Б. А., Краснова А. Н., Артеменко В. И. Флора и растительность озер Ярославской области // Флора и продуктивность пелагических и литоральных фитоценозов водоемов бассейна Волги. Л., 1990.
5. Лаптева Н. А., Монакова С. В. Микробиологическая характеристика озер Ярославской области // Микробиология. 1976. Т. 45, вып. 4.

6. Мартынова М. В. О неапатитовом фосфоре пресноводных илов // ДАН СССР. 1988. Т. 300, № 4.
7. Россолимо Л. Л. Явления газоотделения на Белом озере в Косине // Тр. Лимнол. ст. в Косине. М., 1932. Вып. 15.
8. Фортунатов М. А., Московский Б. Д. Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования // Озера Ярославской области. Кадастровое описание и краткие лимнологические характеристики. Ярославль, 1970.
9. Jørgensen B. B., Revesbech N. P. Diffusive boundary layers and the oxygen uptake of sediments and detritus // Limnol. and Oceanogr. 1985. Vol. 30, N 1.
10. Revesbech N. P., Sørensen J., Blackburn T. H., Lomholt J. P. Distribution of oxygen in marine sediments measured with microelectrodes // Limnol. and Oceanogr. 1980. Vol. 25, N 3.
11. Round E. E. The ecology of benthic algae // Algae and man. New York, 1964.

Институт водных проблем РАН

УДК 556.555.6 : 547

Н. П. Горбенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПРОФИЛЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Distribution of organic matter and common biomass microorganisms in profile of reservoir bottoms deposits is described. It was found that considerable quantity of organic matter in the grey and especially peat silts is accumulated in all profile in practically little changeable form.

Исследование грунтового комплекса водных объектов – необходимый элемент общего цикла работ, связанных с изучением круговорота веществ в водоемах. Одним из наиболее важных компонентов донных отложений является органическое вещество, играющее активную роль в процессе превращения веществ и их непрерывной миграции на границе дно–вода. Изучение профиля донных отложений дает возможность оценить суммарный многолетний результат по динамике накопления и разложения органического вещества, скорости и качества его преобразования, позволяет узнать историю осадконакопления, а также прогнозировать дальнейшую судьбу водоемов.

Цель нашего исследования – изучение донных осадков Рыбинского водохранилища для выявления особенностей захоронения и трансформации органического вещества на стадии раннего диагенеза отложений. В задачи входило изучение распределения органического вещества в толще отложений, а также исследование общей биомассы микроорганизмов в профиле, являющийся косвенным показателем интенсивности процессов преобразования органического материала.

**Содержание органического углерода в профиле донных отложений
Рыбинского водохранилища, % от массы ила**

Глубина, см	Станция					
	Наволоч	Молога	Ср. Двор	Коприно	Измайлово	Брейтово
0–5	10	6	13	5.8	1.9	0.3
5–15	9	6	15.5	4.9	1.8	–
15–30	10	6	13.5	4.2	–	–
30–50	10	6	15	3.8	–	–
50–60	11	–	9	–	–	–

Исследования проводили на 6 станциях Рыбинского водохранилища. По классификации Курдина [2] грунты на станциях Молога и Коприно представлены серыми илами, в районе станций Наволоч и Средний Двор – переходными к торфянистым, на станциях Измайлово и Брейтово – песком и илистым песком. Мощность торфянистых отложений в центральной части водохранилища достигала 60 см, серых илов в прирусловой части водохранилища – 40–50 см.

Образцы отбирали с помощью грунтовой трубки ГОИН-1, позволяющей извлекать колонку ила без нарушения ее структуры. Для определения органического углерода использовали классический метод Тюрина [3]. Общую биомассу микроорганизмов в свежих образцах определяли фумигационным методом в модификации Ross [4] для влажных почв. Метод фумигации заключается в обработке образцов ила хлороформом под вакуумом с целью разрушения клеточной мембраны микроорганизмов с последующим экстрагированием протоплазмы в солевой раствор и определением содержания углерода в нем персульфатным методом [1]. Для влажных почв или илов перед фумигацией проводится высушивание образцов до влажности 20 % для стандартизации условий при последующей обработке.

Содержание органического углерода в грунтах на исследованных станциях различно и возрастает закономерно при переходе от песчаных отложений к торфянистым (табл. 1). Наиболее обогащены органикой торфянистые илы, находящиеся на станциях Ср. Двор и Наволоч, где его содержание достигало 10–15 %. Наименьшее его количество наблюдалось в песках ст. Брейтово – 0.3 %. При исследовании профиля грунтов обнаружилось довольно равномерное распределение накопленного органического вещества по всей толщине отложений. На ст. Молога количество органического углерода не изменялось при движении вниз по профилю, на ст. Коприно наблюдалось постепенное снижение его содержания, на станциях Наволоч и Ср. Двор количество органического углерода оставалось высоким во всех слоях профиля.

**Общая биомасса микроорганизмов в профиле донных отложений
Рыбинского водохранилища, мг С/г сухого ила**

Глубина, см	Станция			
	Наволоч	Молога	Ср. Двор	Коприно
0—5	1.8	2.3	1.8	1.7
5—15	0.4	0.9	1.1	0.7
15—30	0.7	1.2	1.3	0.3
30—50	0.4	0.6	0.7	0.5
50—60	0.08	—	0.09	—

Такое распределение органического вещества в донных осадках позволяет сделать вывод, что скорость его накопления в местах аккумуляции отложений превышает скорость его минерализации, что приводит к захоронению органического материала в малотрансформированном виде.

Данные по определению абсолютной биомассы микроорганизмов в донных отложениях также подтверждают, что по высоте керна наблюдается затухание биохимических процессов (табл. 2). Верхний 0—5-сантиметровый слой ила наиболее обогащен микроорганизмами на всех станциях. Его содержание составляло в среднем 1.7—2.3 мг С в пересчете на 1 г сухого ила. Слоем ниже, на глубине 5—15 см, наблюдалось резкое, примерно в 2—2.5 раза, снижение численности микроорганизмов. При движении вниз по профилю значение общей биомассы продолжало с некоторыми колебаниями снижаться и на глубине 50—60 см составило величину, примерно в 20 раз меньшую, чем в верхнем 0—5-сантиметровом слое.

Таким образом, установлено, что в местах аккумуляции органического материала, вызванной гидродинамическими условиями водохранилища, происходит накопление значительных запасов органического вещества по всему профилю отложений. Низкая микробиологическая активность ила ниже 0—5-сантиметрового верхнего слоя обуславливает замедление процессов трансформации накопленного материала, что приводит к консервации органического вещества в толще осадков в малопретворенном виде.

Литература

1. Алексин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. М., 1973.
2. Курдин В. П. Классификация и распределение грунтов Рыбинского водохранилища // Тр. Ин-та биол. водохранилищ. АН СССР. 1959. Вып. 1 (4).
3. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М., 1981.

4. Ross D. J. Modification of the fumigation procedure of measure microbial biomass C in wet soils under pasture: influence on estimates of seasonal fluctuations in the soil biomass // Soil Biol. and Biochem. 1988. Vol. 20, N 3.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 579.68.083.13

А. Ю. Горбенко, Т. С. Масленникова

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОДСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА САПРОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

It was shown that using of microscopic bakterial colony count instead of visible one is allowing to carry out eveluation of the saprophits number more accurate and to make one less time- and materialconsuming.

Традиционным микробиологическим показателем качества воды является количество сапрофитных (гетеротрофных) микроорганизмов. Однако методы определения этого параметра все еще недостаточно совершенны и с большим трудом поддаются стандартизации. При этом основными источниками ошибок в определении истинного количества колониеобразующих единиц (КОЕ) являются, во-первых, непостоянство химического состава питательной среды [8], во-вторых, состав разбавителя, используемого для приготовлений [8], и в-третьих, отсутствие линейной связи между количеством КОЕ на чашке Петри и количеством выросших колоний, которое выражается в том, что в последовательных 10-кратных разведениях, как известно, соотношение между количеством выросших колоний обычно близко к пяти.

Для преодоления последнего препятствия методические руководства по микробиологии рекомендуют для подсчета количества КОЕ использовать только те чашки, в которых выросло от 10–50 до 150–200 колоний [4, 6, 9]. Чтобы придерживаться этого правила на практике, особенно в том случае, когда никаких предварительных сведений о количестве КОЕ в водоеме нет, посеvy приходится выполнять из нескольких последовательных 10-кратных разведений, что ведет к существенным непроизводительным затратам рабочего времени и материалов на выполнение каждого анализа. Однако и после этого количество колоний на соседних разведениях зачастую укладывается в названные пределы. Например, в реальных определениях количества сапрофитных бактерий на СПА 1 : 10 в Рыбинском водохранилище

Динамика появления колоний на СПА при различных плотностях посева, тыс. шт./чашку

Время от посева, сут	Объем посевного материала, мл				
	0.01	0.05	0.10	0.50	1.00
9	0.2	0.9	2.3	7.3	15.0
	0.2	0.9	2.1	5.8	10.4
14	0.4	1.8	2.9	9.8	18.8
	0.4	1.8	2.5	8.5	14.4
22	0.5	1.3	2.7	8.1	18.1
	0.4	1.2	2.6	7.0	13.6

Примечание. Над чертой — микроскопический учет, под чертой — визуальный. Посев 24/VII 1991 г.

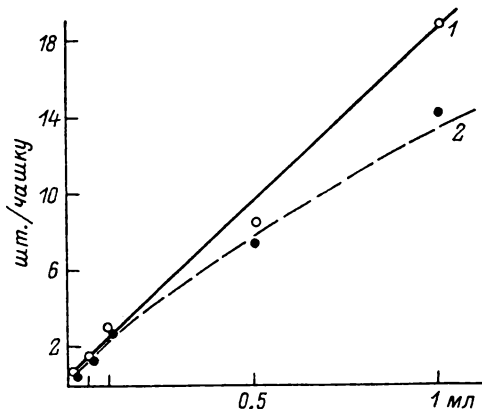
в посевах из 2-го, 3-го и 4-го разведений нами было учтено соответственно 140, 25 и 6 колоний. С такими ситуациями при выполнении массовых анализов приходится сталкиваться достаточно часто и совершенно произвольно решать, какое разведение в этом случае использовать для расчетов.

В настоящей работе мы практически не касались вопроса о влиянии непостоянства химического состава питательной среды, а сконцентрировали внимание на двух других источниках ошибок — составе разбавителя и плотности посева.

Цель работы — разработать оптимальный вариант метода определения количества сапрофитных бактерий, позволяющий оценивать истинное количество КОЕ в воде.

Природную воду отбирали 24/VII 1991 г. стерильным флаконом с глубины 10 см на русловой станции Рыбинского водохранилища, расположенной напротив пос. Борок (Ярославская обл.), и через 2 ч использовали для посевов. Кроме того, в экспериментах была проанализирована вода из закрытого побережья водохранилища в окрестностях пос. Борок, отобранная 3/I 1991 г. с глубины 10 см от нижней поверхности льда.

Количество КОЕ в воде определяли методом глубинного посева на СПА 1:10 [1], используя стандартные чашки Петри диаметром 9 см. Посевы инкубировали в термостате при температуре 25°C. Количество образовавшихся колоний определяли под микроскопом Nr (ГДР) при увеличении 10 × 10, подсчитывая от 30 до 100 полей зрения. Видимые невооруженным глазом колонии подсчитывали также под микроскопом, полагая, что порог чувствительности человеческого глаза составляет 75 мкм [3], т. е. когда наибольший видимый диаметр колоний достигнет названных размеров.



Зависимость между количеством бактериальных колоний (N , шт./чашку) и объемом посевного материала (V , мл) при микроскопическом (1) и визуальном (2) учете.

Параметры уравнения Хаттори оценивали методом Мак-Квардера [7].

Состав разбавителя, используемого для приготовления 10-кратных разведений, оказывал существенное влияние на количество образующихся на среде колоний.

При этом испытанные разбавители выстраивались в следующий ряд (в порядке снижения полноты учета бактерий): натуральная вода (1.5 тыс. кл./мл)– натуральная вода с добавкой 5 мг/л казеината и 5 мг/л дрожжевого экстракта (1.3 тыс. кл./мл)– контроль без разбавителя (0.9 тыс. кл./мл)– физиологический раствор (0.7 тыс. кл./мл)– физиологический раствор с добавкой 1 мг/л пептона (0.6 тыс. кл./мл). Эти результаты согласуются с данными других авторов [8]. Для устранения ошибок в микробиологической практике по возможности стараются вообще избежать процедуры приготовления разведений, изменяя аликвоту воды, взятую для посева. Однако этот прием может быть использован далеко не всегда, так как при аликвотах порядка 1 мл количество колоний на чашке обычно существенно превышает допустимые пределы, а при использовании малых аликвот порядка 0.1–0.01 мл уже не удастся добиться равномерного перемешивания пробы с агаром и к тому же сильно возрастает ошибка, связанная с трудностями точного измерения таких малых объемов. В этой связи актуальным представляется вопрос о закономерностях появления бактериальных колоний при сверхплотных посевах с концентрациями КОЕ порядка тысячи и более на чашку.

Оказалось, что в этих условиях практически все КОЕ разрастаются до видимых невооруженным глазом размеров, причем такая закономерность наблюдается вплоть до плотностей порядка 2 тыс. шт./чашку (табл. 1). Данная величина существенно больше верхнего предела плотности, рекомендуемого в руководствах [4, 6, 9]. По всей видимости, это связано с тем, что указанные рекомендации разрабатывались для поверхностного посева и поэтому непригодны для используемого нами глубинного. При плотностях посева свыше 2 тыс. шт./чашку наблюдались различия в количестве колоний, подсчитанных микроскопическим и визуальным методами, причем по мере увеличения плотности посева различия возрастали (табл. 1, рисунок). Выявленный недоучет количества КОЕ при визуальном методе полностью

Вероятность прорастания колоний при визуальном и микроскопическом учете количества КОЕ, ч⁻¹

Учет	Объем посевного материала, мл				
	0.01	0.05	0.10	0.50	1.00
Микроскопический	0.01	0.06	0.07	0.07	0.09
Визуальный	0.00	0.06	0.02	0.07	0.07

устранился при микроскопическом: во всем исследованном диапазоне плотностей посева от 200 до 20 000 КОЕ на чашку линейная связь между количеством КОЕ (объемом аликвоты) и общим количеством образовавшихся колоний не нарушалась, соответствующие коэффициенты корреляции для всех трех сроков наблюдений были больше 0.99. Иными словами, все КОЕ, достигающие при оптимальных плотностях посева видимых невооруженным глазом размеров, прорастают и при высоких плотностях, однако в этом случае часть из них образует карликовые колонии размером 15–75 мкм, не различимые человеческим глазом.

Таким образом, проведенные эксперименты позволяют предложить следующий вариант метода определения количества сапрофитов: для посевов использовать всегда одну и ту же аликвоту, например 0.5 мл, а учет количества КОЕ вести через 2 нед. при помощи микроскопа с увеличением 10×10 . К безусловным преимуществам предлагаемой модификации относится то, что отпадает необходимость в подборке оптимальной плотности посева. Это существенно сокращает затраты времени на посевы и в несколько раз (в расчете на один анализ) уменьшает расход стерильной посуды и питательной среды. Что касается самой процедуры подсчета количества колоний под микроскопом, то из-за их правильной геометрической формы она достаточно проста. При минимальной сноровке просмотр одного поля зрения занимает всего несколько секунд, а в целом подсчет общего количества колоний на чашке занимает приблизительно столько же времени, что и при визуальном учете. Очевидным недостатком метода является необходимость постоянно, в том числе и в экспедиции, иметь при себе микроскоп.

В настоящее время показано, что по вероятности появления колоний (ВПК) на питательной среде можно судить о физиологическом состоянии учитываемых бактерий перед посевом [5, 10]. В этой связи вполне естественно задаться вопросом – не повлияет ли на величину вероятности появления колоний переход от визуального к микроскопическому учету? Для ответа на него по динамике появления колоний на среде (табл. 1) были рассчитаны ВПК для каждого варианта опыта (табл. 2). Несмотря на то что имеющиеся данные позволили оценить

ВПК весьма приблизительно, была обнаружена четкая тенденция к увеличению ВПК при переходе от визуального к микроскопическому учету, что, по-видимому, подтверждает сделанный нами ранее вывод о зависимости ВПК для одной и той же совокупности бактерий от размерного класса учитываемых колоний [2]. Таким образом, сопоставимыми являются лишь ВПК, оцененные по результатам, полученным одним и тем же методом.

Итак, переход от визуального к микроскопическому учету количества сапрофитных микроорганизмов дает возможность избежать процедуры приготовления разведений и снять ограничения на количество колоний на чашке, что позволяет при существенно меньших затратах труда определять истинное количество КОЕ в образце воды.

Литература

1. Горбенко Ю. А. О наиболее благоприятном количестве „сухого питательного агара” в средах для культивирования морских гетеротрофных микроорганизмов // Микробиология. 1961. Т. 30, № 1.
2. Горбенко А. Ю. Динамика появления бактериальных колоний на плотных средах: новая интерпретация параметра λ уравнения Хаттори // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1992. № 5.
3. Гусев М. В., Минеева Л. А. Микробиология. М., 1985.
4. Егоров Н. С. Практикум по микробиологии. М., 1976.
5. Кожевин П. А. Микробные популяции в природе. М., 1989.
6. Теплер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М., 1972.
7. (Draper N. R., Smith H.) Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М., 1973.
8. (Meynell G. G., Meynell E.) Мейнел Дж., Мейнел Э. Экспериментальная микробиология. М., 1967.
9. (Szegi I.) Сегги Й. Методы почвенной микробиологии. М., 1983.
10. Hattori T. Kinetics of colony formation of bacteria: an approach to the basis of the plate count method // The Reports of the institute for agricultural research Tohoku University. Tohoku, 1985. Vol. 34.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

Е. П. Романова, П. И. Антонов, С. Н. Магомедова

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ИЗОЛИРОВАННЫХ ЕМКостей ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

An original method with the use of experimental polyethylene vessels 2–3 m³ in volume is presented. It is shown that temperature and oxygen regime in the experiment and in a reservoir (in control) is similar, distribution of bacterio- and small forms of zooplankton over vessels is uniform.

В связи с усиленным загрязнением водной среды для прогностических целей необходима оценка состояния водной экосистемы. Наряду со статистическими данными, такими как численность и биомасса, необходимы динамические характеристики процессов, отражающие изменение параметров за определенный промежуток времени.

Изучение реакции сообщества на изменение какого-либо фактора, характеризующего антропогенное воздействие, возможно в условиях экологического эксперимента. В настоящее время для выявления таких закономерностей используется метод изолированных емкостей, который в условиях, максимально приближенных к природным, дает возможность регулировать поступление различных веществ и изучать реакцию естественного биоценоза за определенный промежуток времени. Предложенные методики постановки подобных опытов достаточно сходны. Заполнение емкостей происходит либо при накачивании воды насосом [3], либо полиэтиленовый рукав с герметично закрытым концом опускается вниз – при резком его поднятии происходит заполнение по типу сети Джеди [1, 2].

Если при первом способе одним из основных недостатков является повреждение планктонных организмов в процессе наполнения емкостей, то при втором способе при значительных объемах рукава (2–3 м³) может происходить распугивание планктонных организмов.

С целью усовершенствования методики постановки опытов нами был предложен способ наполнения емкостей, несколько отличающийся от вышеописанных. Полиэтиленовый рукав длиной 2.5–3.0 м с прикрепленными к нему на одинаковом расстоянии металлическими обручами и укрепленной снаружи сетью опускали в водоем (см. рисунок). Первоначально оба конца рукава были открыты, благодаря чему без перемешивания отсекался столб воды высотой 2 м. К нижнему концу наряду с небольшими грузами, распределенными равномерно по окружности нижнего обруча, крепили леера, концы которых оставались наверху. После опускания на полную длину рукава в воду его верхний край, находящийся у поверхности, собирали в пучок, завязывали и прикрепляли груз на веревке, длина которой была равна разнице между длиной емкости и глубиной в этом месте. При помощи лееров, прикрепленных к нижнему концу, рукав переворачивали так, чтобы открытый нижний конец находился на поверхности, а закры-

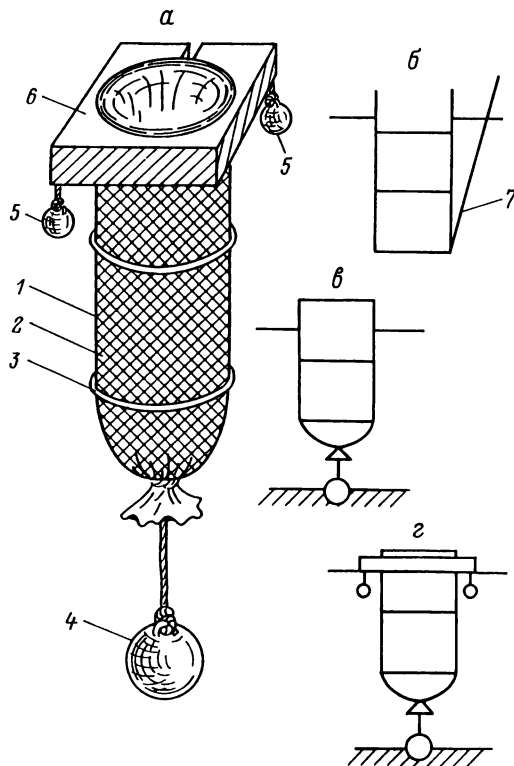


Схема установки экспериментальной емкости.

а — общий вид, *б* — погружение полиэтиленового рукава, *в* — установка с грузом, *г* — установка на поплавке. 1 — мешок, 2 — наружная сеть, 3 — металлические кольца, 4 — груз (3–5 кг), 5 — дополнительный груз (по 0,5 кг), 6 — поплавок, 7 — леер для переворачивания рукава с закрытым краем.

тый — внизу. Желательно, чтобы груз находился на грунте, это укрепит емкость на случай волнения, зафиксировав на одном месте. Так как емкость закреплена обручами, при поднятии открытого конца происходит его закрытие по принципу замыкающейся сети Джеди. Благодаря этому биоценоз, который отсекался в толще воды, остается внутри и организмы не вымываются.

Затем верхний обруч натягивается на поплавок, изготовленный из блочного пенопласта высотой 15–20 см. Внутреннее отверстие поплавка имеет диаметр на 7–10 см меньше, чем диаметр верхнего кольца емкости. В одном месте имеется прорезь, в которую заводится рукав и на поплавок натягивается обруч, затем эта прорезь фиксируется железной скобой, чтобы от тяжести емкости сегменты не расходились. Наличие такого поплавка и троса, крепящего груз к емкости и имеющего припуск, позволяет держать емкость на одном месте, оставляя ее поверхность открытой и предохранять от заплесков, так как

**Динамика численности бактерио- и зоопланктона (тыс. экз./м³)
в экспериментальных емкостях (над чертой) (n = 6)
и водохранилище (под чертой)**

Показатель	Дата			
	7/VIII	10/VIII	16/VIII	23/VIII
Бактериопланктон, млн кл./мл	<u>1.90 ± 0.14</u> 1.83	<u>2.11 ± 0.21</u> 2.30	<u>2.31 ± 0.15</u> 2.24	—
Сапрофиты (РПА), кл./мл	<u>520 ± 90</u> 550	<u>4650 ± 1070</u> 3250	<u>1250 ± 430</u> 1680	—
<i>Synchaeta</i> sp.	0	<u>15.50 ± 4.22</u> 16.9	<u>1.33 ± 0.22</u> 0.67	0
<i>Euchlanis dilatata</i>	<u>1.78 ± 0.44</u> 0.44	<u>39.33 ± 8.67</u> 62.0	<u>142.4 ± 31.1</u> 45.1	<u>4.22</u> 2.44
<i>Daphnia longispina</i>	<u>1.78 ± 0.89</u> 0.44	<u>2.00 ± 1.78</u> 5.78	<u>6.22 ± 5.11</u> 2.44	0
<i>Cyclopoida</i>	<u>0.67 ± 1.11</u> 0.44	<u>1.33 ± 0.44</u> 2.89	<u>5.33 ± 1.11</u> 1.11	<u>0.67</u> 0.89
<i>Calanoida</i>	0	<u>1.11 ± 0.44</u> 2.44	<u>3.33 ± 1.56</u> 0	<u>0.22</u> 0
<i>Nauplii Cyclopoida</i>	<u>5.78 ± 1.56</u> 4.89	<u>12.89 ± 2.0</u> 8.66	<u>4.66 ± 1.33</u> 3.78	<u>2.89</u> 8.0
<i>Nauplii Calanoida</i>	<u>2.22 ± 0.67</u> 1.78	<u>3.11 ± 0.67</u> 1.78	<u>8.44 ± 2.22</u> 2.22	<u>1.56</u> 2.0
<i>Veliger Dreissena polymorpha Pallas</i>	<u>1.78 ± 0.44</u> 1.11	<u>1.78 ± 0.44</u> 3.11	<u>5.11 ± 2.0</u> 1.78	<u>0.44</u> 2.0

при волнении она раскачивается на поверхности воды. Только при очень сильном штормовом ветре в связи с достаточно большой парусностью конструкции емкости были разбросаны на 20–30 м от места крепления, однако повреждений полиэтилена не отмечалось.

Для того чтобы определить, насколько однородно происходит наполнение в таких емкостях и насколько сходны биоценозы, попавшие в них, в устье р. Усы, которая подвержена значительному подпору вод Куйбышевского водохранилища, было установлено 6 конструкций по описанной выше методике. Процедура их установки достаточно проста и позволяет выполнять ее двум исследователям с борта весельной лодки.

Пробы в каждой емкости и в водохранилище отбирали в день установки, на 4-е и 10-е сутки опыта. Затем 5 установок было снято, так как уже началось обрастание полиэтиленовых стенок, а одна установ-

ка была оставлена еще на 7 сут для испытания механической прочности конструкции. Пробы зоопланктона отбирали с глубины 0.8 м 5-литровым батометром Дьяченко, фиксировали 4 %-ным формалином и обрабатывали по общепринятой методике. Для прямого счета бактериопланктона фильтровали по 5 мл воды, для учета сапрофитов делали посевы. Всего было отобрано 67 проб. В течение эксперимента измеряли содержание кислорода и температуры воды, которые в емкостях и в водохранилище практически не отмечались. Численность бактериопланктона и сапрофитной микрофлоры различалась также незначительно (см. таблицу).

Видовой состав зоопланктона изолированных экосистем и водохранилища был почти одинаков. Отмечено 17 видов коловраток, 4 — ветвистоусых, 6 — веслоногих, встречены велигеры дрейссены. В заметных количествах развивалось только несколько видов: коловратки *Synchaeta* sp. и *Euchlanis dilatata* Ehrenberg., кладоцера *Daphnia longispina* (O. F. Müller), циклопиды и каляниды были представлены в основном науплиальными и младшими копеподитными стадиями.

Динамика численности за период наблюдений в емкостях и в водохранилище была сходной для мелких зоопланктеров, таких как коловратки, велигеры дрейссены, науплии циклопид и калянид (см. таблицу). Исключение составили еухлянисы, на 10-е сутки опыта численность их в емкостях различалась в 2—3 раза, а между контролем в водохранилище и опытом — в 5 раз. Видимо, это объясняется тем, что коловратки имели очень хорошие пищевые условия в связи со значительным развитием афанизомена, среди нитей которого отмечалось большое количество отродившейся молодежи. При отсутствии в емкостях перемешивания (как вертикального, так и горизонтального) водоросли и находившиеся среди них коловратки располагались в приповерхностном слое, в котором происходил отбор проб.

Более крупные виды, такие как *D. longispina*, распределялись по емкостям неравномерно, разница между контролем и опытом была значительной. Это связано, видимо, как с тем, что активно избегающие батометра особи могут недолавливаться прибором, так и с наличием вертикальных миграций и определенной агрегированностью рачков в планктоне.

Таким образом, предложенная методика постановки экспериментальных емкостей дает возможность достаточно равномерно заполнять их планктоценозом, находящимся в водоеме. Распределение бактериопланктона и мелких форм зоопланктона характеризуется равномерностью в отличие от крупных форм.

Динамика процессов в экспериментальных емкостях в течение 10 сут аналогична изменениям в водоеме, однако при анализе материала необходимо учитывать биологию и экологию видов, входящих в планктоценоз, а также гидрологические характеристики водоема на данном участке в период исследований.

Литература

1. Бульон В. В. Методика экспериментальной оценки влияния очищенных стоков целлюлозного завода на планктон озера Байкал // Гидробиологические исследования самоочищения водоемов. Л., 1976.
2. Зилов Е. А., Рудых А. Р., Стом Д. И. К методике экотоксикологических работ с изолированными объемами: подледный эксперимент // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1989. № 84.
3. Сейсума З. К., Куликова И. Р., Марцинкевича С. Я. и др. Влияние тяжелых металлов на планктон в экспериментальных экосистемах *in situ*. Рига, 1986.

Институт экологии Волжского бассейна РАН

Ляшенко О. А. Фитопланктон и содержание хлорофилла „а” в Шошинском плесе Иваньковского водохранилища	3
Микрякова Т. Ф. Содержание тяжелых металлов в макрофитах Моложского плеса Рыбинского водохранилища	11
Георгиев А. Н. Особенности зоопланктона стратифицированного озера Видогошь	13
Гагарин В. Г., Карасев Ю. В. Место пресноводных форм червей в таксономии и филогении отряда <i>Chromadorida</i> (Nematoda)	17
Вехов Н. В. Новые местонахождения редких видов <i>Anostraca</i> и <i>Notostraca</i> в лесостепной и степной зонах России и сопредельных стран	22
Зубарева Л. Л., Стом Д. И. Влияние некоторых соединений на выживаемость эпишуры (<i>Epischura baicalensis</i> Sars) и дафний (<i>Daphnia magna</i> Straus)	27
Скальская И. А. Структура популяций байкальского бокоплава <i>Gmelinoides fasciatus</i> (Stebb.) в Рыбинском водохранилище	29
Перова С. Н. Содержание некоторых металлов в моллюсках и донных отложениях Рыбинского водохранилища	35
Голованова И. Л. Особенности морфологии различных отделов кишечника леща и карпа	39
Кузьмина В. В. Влияние премикса СФ-1 на активность пищеварительных гидролаз карпа (in vitro)	45
Кузьмина В. В., Халько В. В., Голованова И. Л., Комова Н. И. Влияние премикса СФ-1 на пищеварительно-транспортные функции карпа	50
Мартынова М. В., Мурогова Р. Н. Кислород в воде и отложениях озера Савельевское	56
Горбенко Н. П. Исследование органического вещества в профиле донных отложений Рыбинского водохранилища	61
Горбенко А. Ю., Масленникова Т. С. Оптимизация метода подсчета количества сапрофитных бактерий в водных экосистемах	64
Романова Е. П., Антонов П. И., Магомедова С. Н. Модифицированный метод изолированных емкостей для оценки состояния водных экосистем	69

Lyaschenko O. A. Phytoplankton and chlorophyll „a” content in the Shosha part of the Ivankovo reservoir	3
Mikryakova T. F. Heavy metal content in macrophytes of the Mologa part in the Rybinsk reservoir	11
Georgiev A. N. Zooplankton peculiarities in a stratified lake Vidogoshch	13
Gagarin V. G., Karasev Yu. V. Freshwater worms in taxonomy and phylogeny of order <i>Chromadorida</i> (<i>Nematoda</i>)	17
Vekhov N. V. New locations of rare species <i>Anostraca</i> and <i>Notostraca</i> in forest-steppe and steppe regions of Russia and of contiguous countries	22
Zubareva L. D., Stom D. I. The effect of some compounds on survival of <i>Epischura baicalensis</i> Sars and <i>Daphnia magna</i> Straus	27
Skalskaya I. A. Structure of populations of <i>Gmelinoides fasciatus</i> (Stebb.) in the Rybinsk reservoir	29
Perova S. N. Content of some metals in molluscs and bottom sediments in the Rybinsk reservoir	35
Golovanova I. L. Morphological peculiarities of different segments of bream and carp intestine	39
Kuzmina V. V. The effect of premix SF-1 on activity of digestive hydrolases in carp (in vitro)	45
Kuzmina V. V., Khalko V. V., Golovanova I. L., Komova N. L. The effect of premix SF-1 on digestive-transport function of carp	50
Martynova M. V., Murogova R. N. Oxygen in water and sediments of the Savelievskoye lake	56
Gorbenko N. P. The investigation of organic matter in a profile of bottom sediments in the Rybinsk reservoir	61
Gorbenko A. Yu., Maslennikova T. S. Optimization of the method for calculation of a number of saprophytic bacteria in aquatic ecosystems	64
Romanova Ye. P., Antonov P. I., Magomedova S. N. A modified method of isolated vessels for estimation of aquatic ecosystems state	69

**БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД:
ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ № 99**

Утверждено к печати

*Институтом биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина
Российской академии наук*

Редактор издательства Л. А. Бабушкина

Технический редактор В. В. Шиханова

Корректор Л. М. Бова

**ЛР № 020297 от 27.11.91. Сдано в набор 20.12.95. Подписано к печати
07.02.96. Формат 60 х 90 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Пресс-
роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5.00. Уч.-изд. л. 5.2.
Тираж 600. Тип. зак. № 972. С 1315.**

Санкт-Петербургская издательская фирма РАН

199034, Санкт-Петербург, Менделеевская лин., 1

Санкт-Петербургская типография № 1 РАН

199034, Санкт-Петербург, 9 лин., 12